



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**RAITIOTEIDEN TIETOMALLIPOHJAISEN  
KUNNOSSAPITOMENETELMÄN  
KEHITTÄMINEN – CASE VANTAAN RATIKKA**

Risto Tapanila

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Diplomityö

Helmikuu 2021

# TIIVISTELMÄ

Raitioteiden tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän kehittäminen – case Vantaan ratikka

Risto Tapanila

Oulun yliopisto, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö 2021, 96 s. + 2 liitettä

Työn ohjaaja(t) yliopistolla: professori Rauno Heikkilä

Diplomityön tavoitteena oli raitioteiden tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän kehittäminen.

Tietomallintamista ja sen potentiaalia kunnossapidon kannalta tutkittiin kirjallisuustutkimuksen sekä asiantuntijahaastatteluiden avulla. Työssä tarkasteltiin myös raitiotiehankkeiden kokemuksia tietomallintamisesta sekä selvitettiin teknologiakehityksen avaamia uusia mahdollisuuksia.

Tutkimuksessa kehitettiin uusi toimintamalli raitioteiden tietomallipohjaiseen kunnossapitoon. Uudessa toimintamallissa kunnossapidon toiminnan ja tiedonhallinnan kannalta oleelliset tarpeet ja vaatimukset tulee ottaa huomioon jo hankkeen tarjouspyyntövaiheessa. Hankkeen käynnistysvaiheessa määritellään tietomallinnuksen toteutus tietomallisuunnitelmalla, joka perinteisesti laaditaan suunnittelukonsulttiyrityksen ja tilaajan toimesta. Uuden toimintamallin mukaan tietomallisuunnitelman laadinnassa tulisi ottaa kunnossapito mukaan, tai vähintään huomioida kunnossapidon vaatimukset, jotta kunnossapidon tietomalliaineiston sisältöä koskevat tarpeet mainittaisiin hankkeen tietomallisuunnitelman vaatimuksissa. Myös suunnittelua ohjaavat suunnitteluperusteet, jotka määrittelevät tekniset ja toiminnalliset vaatimukset suunnitelmille, tulisi hyväksyttää kunnossapidon kanssa, jotta suunnitelmien perusteella rakennetuissa kohteissa ei tulisi kunnossapidon kannalta ongelmia. Uudessa toimintamallissa tilaajan tulisi sisällyttää kunnossapito mukaan suunnitteluvaiheeseen, esimerkiksi järjestämällä kunnossapidon ja suunnittelun välisiä kokouksia, joissa kunnossapito voi kommentoida laadittuja suunnitelmia. Suunnittelun tulisi tällöin edetä

vasta kunnossapidon hyväksyttyä laaditut suunnitelmat. Toimintamalli edellyttää myös hankkeelle yhteistä tiedonhallintajärjestelmää. Yhteisen tiedonhallintajärjestelmän avulla tiedonkulku suunnittelusta kunnossapitoon voi toimia saumattomasti ja tiedonjako hankkeen kaikkien osapuolten välillä tapahtuu ongelmitta.

Teknologiamahdollisuuksien puolesta suunnitelma-aineiston sisältämät yksilölliset tunnistetiedot mahdollistavat sähköisen huoltokirjan käyttöönoton. Raitiotiehankkeen laitteiden, rakenteiden ja kohteiden yksilölliset tunnistetiedot selkeyttävät tiedonhallintaa ja nopeuttavat tiedon löytämistä. Sähköisen huoltokirjan sisältämät ajantasaiset rekisteritiedot, tuotetiedot ja huolto-ohjeet raitiotien laitteista, rakenteista ja kohteista mahdollistavat kunnossapidon työtehtävien ohjaamisen ennakoivasti eli proaktiivisesti. Kunnossapidon kannalta olennaiset yksilölliset tunnistetiedot ja sähköiset huoltokirjat tulisi laatia hankkeen suunnitteluvaiheessa ja sen edetessä. Esimerkiksi Assetpoint Oy tarjoamat tiedonhallintaratkaisut ovat yksi mahdollisuus alalla käyttöönotettavaksi, ja tarjoavat raitiotien kunnossapidolle toiminnanohjausratkaisuja sähköisen huoltokirjan ja tiedonhallinnan muodossa.

Kehitysehdotuksena BuildingSMART Finlandin tulisi lisätä YIV-ohjeistukseen oma osionsa kunnossapidon tietomallivaatimuksille ja -ohjeille. Vantaan ratikka -hankkeen tilaajaorganisaatiolle ehdotetaan toimintamallin mukaista toimintaa kunnossapidon huomioimisessa, raitiotien suunnittelussa sekä yhteisen tiedonhallintajärjestelmän hyödyntämisessä osana kunnossapidon tiedonhallintaa. Yksilöllisten tunnistetietojen ja sen perusteella laadittujen rekisteritietojen lisääminen suoraan tietomallipohjaiseen aineistoon edellyttää jatkotutkimuksia.

*Asiasanat: Tietomalli, Kunnossapito, Raitiotie, Tiedonhallinta, Inframalli*

# ABSTRACT

Development of BIM based maintenance methods in infrastructure – A case study of Vantaa light rail

Risto Tapanila

University of Oulu, Degree Programme of Civil Engineering

Master's thesis 2021, 96 pp. + 2 Appendixes

Supervisor(s) at the university: professor Rauno Heikkilä

The aim of this Master's thesis was to research and develop a BIM based maintenance method for light rails.

Building information modelling and its potential in terms of maintenance were studied through literature review as well as expert interviews. The study also examined light rail projects experience in BIM, as well as the new opportunities opened by technology development.

A new operating model for BIM based maintenance for light rails was developed in the study. In the new operating model, the most relevant needs and requirements for maintenance operations and maintenance information management should be considered already in the offer request phase of the project. In the starting phase of the project, the implementation of BIM is defined by an information model plan, which is traditionally made by design consulting company and the client. According to the new operating model, maintenance should be involved with the preparation of the information model plan, or at least the requirements indicated by the maintenance should be considered. This way, the maintenance's BIM related needs are mentioned in the terms of the projects information model plan. Also, the design basis documents, which define the technical and operational requirements for the plans, should be approved with the maintenance. This way, the constructions built according to the plans are maintainable. In the new operating model, the client should include maintenance in the design phase, for example by arranging meetings between maintenance and design consulting company, where maintenance can comment the design plans made by the design consulting company. Once the plans have been approved by the maintenance, the design company can continue

to work on the plans. The operating model requires the use of an information management system for the project and all the parties of the project. With the help of an information management system, the flow of information from designers to maintenance can work seamlessly and the information sharing between all parties of the project can happen without any problems.

On behalf of the technological possibilities, the unique identification information contained in the design plan materials enables the use of an electronic service manual. The unique identification of all the equipment, structures and objects of the light rail project clarifies the information management and speeds up the searching of the information. The up-to-date register information, product information and maintenance instructions for light rail equipment, structures and object contained in the electric service manual enables maintenance work tasks to be controlled more in advance, i.e. proactively. Maintenance relevant unique identification and electronic service manual should be made during the design phase of the project and as it progresses. For example, the information management solutions offered by Assetpoint Oy are one possibility to be introduced in the industry, as they offer operations management solutions for light rail maintenance in the form of an electronic service manual and information management.

As development proposal, BuildingSMART Finland should add its own section to the YIV-guidelines for maintenance BIM requirement and guidelines. The client organization of the Vantaa light rail project is proposed to operate in accordance with the operating model in terms of including the maintenance in the early stages of the project, light rail planning and designing. Also, the utilization of an information management system as part of maintenance information management is proposed to use. As a follow-up study, adding unique identification data and registry data directly to the model-based material requires further research.

*Keywords: Building Information Model, Maintenance, Light Rail, Information Management, InfraBIM*

# ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Oulun yliopiston rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osaston diplomi-insinöörin tutkintoa varten kesän 2020 ja talven 2021 välisenä aikana. Työn tavoitteena oli raitioteiden tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän kehittäminen.

Iso kiitos WSP Finland Oy:lle diplomityön toimeksiannosta ja suuri kiitos työn tilaajana toimineelle Vantaan kaupungille työn mahdollistamisesta. Työn ohjaajina WSP Finland Oy:ltä ovat toimineet Valtteri Brotherus sekä Pekka Väinölä, joille haluan esittää kiitokset erittäin mielenkiintoisen ja ajankohtaisen aiheen järjestämisestä sekä kärsivällisestä opastuksesta läpi työn. Vantaan kaupungilta työn ohjausryhmään kuului Westlin Henry, Hakkarainen Sauli sekä Tiina Hulkko, joita haluan kiittää suuresti työhön liittyvistä rakentavista kommentteista sekä hyvästä ohjauksesta työn aiheen kohdentamisessa lopulliseen muotoonsa. Lisäksi kiitokset Oulun yliopistosta ohjaajana ja tarkastajana toimineelle professori Rauno Heikkilälle, jonka rakenteeseen sekä tieteen logiikkaan liittyvät tärkeät ohjeet opastivat työn oikeille raiteille. Haluan kiittää tutkimushaastatteluuni osallistuneita sekä muita asiantuntijoita ohjausryhmän ulkopuolelta, joilta olen saanut asiantuntemusta.

Kiitokset perheelleni jatkuvasta tuesta opintojeni suhteen sekä kannustuksesta diplomityön aikana. Opiskelutovereilleni osoitan kiitokset tuesta diplomityön sekä koko yliopisto-opiskelun aikana. Erityiskiitokset Annille väsymättömättömästä tuesta ja tsemppaamisesta kohti tavoitteitani.

Oulu, 09.02.2021

Risto Tapanila

# SISÄLLYSLUETTELO

|   |    |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ.....  | 1  |
| ABSTRACT .....  | 3  |
| ALKUSANAT .....   | 5  |
| SISÄLLYSLUETTELO.....   | 6  |
| MERKINNÄT JA LYHENTEET.....   | 8  |
| 1 JOHDANTO .....  | 10 |
| 1.1 Tietomallintaminen väylien suunnittelussa ja rakentamisessa .....   | 10 |
| 1.2 Tietomallintaminen tieväylien kunnossapidossa .....   | 24 |
| 1.3 Tietomallintaminen raitioteiden suunnittelussa, rakentamisessa ja kunnossapidossa<br>– nykytilan kuvaus ..... | 28 |
| 1.4 Tavoite .....   | 34 |
| 2 RAITIOTEIDEN TIETOMALLIPOHJAISEN KUNNOSSAPITOMENETELMÄN<br>KEHITTÄMINEN .....                                   | 35 |
| 2.1 Raitioteiden kunnossapidon nykytila .....   | 35 |
| 2.1.1 Raitioteiden kunnossapidon keskeinen prosessi ja tehtävät .....   | 36 |
| 2.1.2 Raitioteiden kunnossapidon tiedonhallinta.....  | 37 |
| 2.1.3 Raitioteiden kunnossapito – tiedonhallinnan ongelmakohdat .....   | 39 |
| 2.2 Malli raitioteiden tietomallipohjaiseen kunnossapitomenetelmään .....   | 40 |
| 2.3 Empiiriset havainnoinnit ja kokeet.....   | 45 |
| 2.3.1 Haastattelututkimusten suoritus .....   | 45 |
| 2.3.2 Esimerkkihankkeiden kokemukset tietomallintamisesta ja kunnossapidosta<br>.....                             | 46 |
| 2.3.3 Teknologiamahdollisuuksien menetelmien selvittäminen .....  | 46 |
| 3 TULOKSET .....  | 47 |
| 3.1 Kunnossapidon asiantuntijoiden haastattelututkimuksen tulokset.....   | 47 |
| 3.1.1 Kunnossapidon tiedonhallinta nykypäivänä .....  | 47 |
| 3.1.2 Kunnossapidon ja suunnittelijoiden välinen tiedon kulku .....   | 49 |
| 3.1.3 Kunnossapidon tiedonhallinta tulevaisuudessa .....  | 51 |
| 3.1.4 Tietomallipohjainen suunnitteluhanke ja kunnossapidon huomioiminen siinä<br>nykypäivänä.....                | 53 |
| 3.1.5 Tietomalliaineiston hyödyntäminen kunnossapidossa .....   | 54 |
| 3.1.6 Ohjelmistojen hyödyntäminen kunnossapidossa .....   | 55 |
| 3.1.7 Kunnossapidossa syntyvät kustannuserät.....   | 56 |
| 3.2 Tietomalliasiantuntijoiden haastattelututkimuksen tulokset.....   | 58 |
| 3.2.1 Tietomallinnus nykypäivänä.....   | 58 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.2 Tietomallinnus tulevaisuudessa .....                                      | 60 |
| 3.2.3 Tietomallinnus ja kunnossapito nykypäivänä.....                           | 62 |
| 3.2.4 Tietomallinnuksen tiedonkulku nykypäivänä.....                            | 64 |
| 3.2.5 Tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmä .....                           | 65 |
| 3.3 Havainnot esimerkkihankkeista .....   | 67 |
| 3.3.1 Kruunusillat .....  | 67 |
| 3.3.2 Raide-Jokeri.....   | 67 |
| 3.3.3 Tampereen raitiotie .....   | 68 |
| 3.4 Teknologiaselvityksen tulokset.....   | 70 |
| 4 PÄÄTELMÄT .....   | 73 |
| 4.1 Haastattelututkimuksen tulosten arviointi .....                             | 73 |
| 4.1.1 Kunnossapidon tiedonhallinta nyt ja tulevaisuudessa.....                  | 73 |
| 4.1.2 Tiedon kulkeutuminen.....   | 75 |
| 4.1.3 Tietomalliosaaminen nyt ja tulevaisuudessa .....                          | 76 |
| 4.1.4 Kunnossapidon huomioiminen tietomallipohjaisessa suunnittelussa .....     | 77 |
| 4.1.5 Elinkaarikustannusten arviointi .....                                     | 79 |
| 4.1.6 Ohjelmistot .....   | 80 |
| 4.2 Esimerkkitapausten havaintojen arviointi ja päätelmät.....                  | 81 |
| 4.3 Teknologiakehityksen mahdollistamat uudet menetelmät .....                  | 82 |
| 4.4 Raitioteiden tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmän hyödyntäminen ..... | 83 |
| 4.5 Jatkotutkimus- ja kehitysehdotukset .....                                   | 89 |

## LÄHDELUETTELO

### LIITEET:

Liite 1. Kunnossapidon asiantuntijoiden haastattelukysymysrunko

Liite 2. Tietomalliasiantuntijoiden haastattelukysymysrunko



## MERKINNÄT JA LYHENTEET

|         |   |
|---------|---|
| BIM     | Building Information Model. Tietomallinnuksen englanninkielinen termi.                      |
| CSS     | Cuneco Classification system. Tanskalainen nimeämis- ja luokittelustandardi.                |
| DWG     | CAD-suunnittelussa käytettävä tiedostomuoto.  |
| GPS     | Global Positioning System. Satelliittipaikannusjärjestelmä.                                 |
| GT      | Pistemäistä vektoridataa sisältä tiedonsiirtoformaatti.                                     |
| IFC     | Industry Foundation Classes. Kansainvälinen avoin tiedonsiirtoformaatti.                    |
| ISO     | International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardijärjestö.           |
| LandXML | Infrarakentamisessa käytetty avoin tiedonsiirtoformaatti.                                   |
| SOSI    | Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon. Norjalainen nimeämis- ja luokittelustandardi. |
| YIV     | Yleiset Inframallivaatimukset.  |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tietomallintaminen väylien suunnittelussa ja rakentamisessa

Tietomallinnuksella tarkoitetaan tiedonhallintaa ja etenkin tuotetun tiedon tehokasta hyödyntämistä siten, että vältetään hukkatyöitä. Perimmäisenä tarkoituksena tietomallintamisella on se, että kertaalleen suunniteltua tai mallinnettua tietoa voidaan kuljettaa hankkeen elinkaaren aikana vaiheesta toiseen siten, ettei tietoa menetetä tai heikennetä hankkeen kuluessa. Tietomallintamisen hyödyntäminen suunnittelussa mahdollistaa muun muassa suunnitelmatilanteen esittämisen ja arvioimisen hankkeen elinkaaren aikana havainnollisella tavalla missä vaiheessa tahansa. Myös tiedon koneluettavuus on tärkeä kokonaisuus tietomallipohjaista suunnittelua, sillä tietomallipohjaista tietoa pystyvät ihmisten lisäksi tulkitsemaan myös tietotekniset järjestelmät ja sovellukset, kuten työmaan mittaus- ja koneohjauslaitteet, määrälaskentaohjelmistot sekä infran hallinnan rekisterit ja niihin liittyvät sovellukset. Tulevaisuudessa tietomallit voivat korvata soveltuvilta osin nykymuotoisen ja perinteisen dokumentteihin perustuvan suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon. Tämä toisaalta edellyttää sitä, että tietomalliin voidaan yhdistää ominaisuustietoja, kuten materiaali-, tuotevaatimus-, pinta-ala- ja tilavuustietoja. Kuitenkin tietomallipohjaisten mallien ja perinteisten suunnitelmadokumenttien ei tarvitse olla poissulkevia vaihtoehtoja, vaan ne voivat täydentää toisiaan. (Liikennevirasto 2017, s. 9-10)

Suomessa tietomallinnusta on hyödynnetty tie- ja ratahankkeiden suunnittelussa yhdessä Yleisten inframallivaatimuksien, Infra-BIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyjen ohjeistamana. Yleiset inframallivaatimukset toimivat ohjeistuksina ja vaatimuksina, kun taas InfraBIM-nimikkeistö sekä tiedonsiirtoformaattien määrittely toimivat käytäntönä, joita tulee noudattaa. Nämä kolme tiedonhallinnan peruspilaria toimivat infra-alan tietomallintamisen perustana. Infra-alalla jonkin tietyn infrakohteen tietomallista voidaan käyttää termiä inframalli ja tietomallintamisesta termiä inframallintaminen. Mallinnuksella infra-alalla voidaan tarkoittaa yleisesti infran tiedonhallintaa. Infra-alan tietomallintamisen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden sekä kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tietomallintamisen perustana on se, että inframallia tulisi hyödyntää infrahankkeen koko elinkaaren ajan, lähtötietojen keräämisestä suunnitteluun ja rakentamiseen, rakentamisen jälkeiseen käyttövaiheeseen ja kunnossapitoon sekä

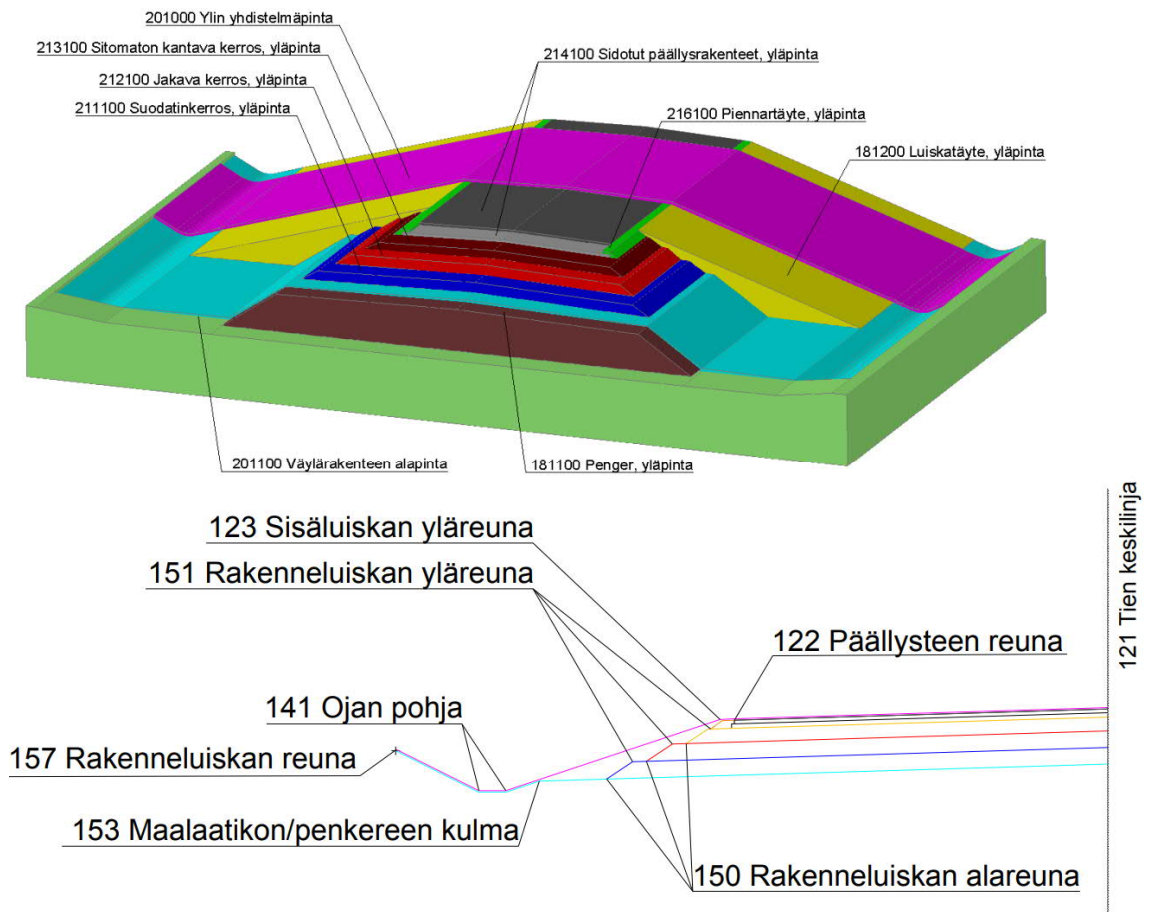
mahdolliseen purkamiseen asti. Käytännössä mallipohjainen toiminta voi alkaa missä hankevaiheessa tahansa, mutta tavoitteena on, että mallipohjainen toiminta alkaa hankkeen alussa ja suunnitelmat kulkevat tietomallimuotoisena hankevaiheesta toiseen täydentyen. Lähtötietoaineisto päivitetään ajantasaiseksi hankkeen edistyessä koko hankkeen elinkaaren ajan. Tällä tavoin saadaan edistettyä hankkeen elinkaaren aikaista tiedonhallintaa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 6, 14-15)

Inframallintamisella voidaan muun muassa havainnollistaa eri suunnitteluratkaisujen toimivuutta, laajuutta sekä kustannuksia ja niiden avulla vaikuttaa investointipäätöksiin. Myös eri tekniikkalajien yhteensovittaminen ja laadunvarmistus on mahdollista toteuttaa inframallintamisella. Yleisesti suunnitelmien kolmiulotteinen esittäminen on olennainen osa inframallintamista. Tietomallintamisella voidaan parantaa suunnittelun aikaista laadunvalvontaa, nykyisten rakenteiden ja suunnitelmien yhteensovittamista sekä tiedonsiirtoa. Havainnollisten tietomallien avulla voidaan tukea hankkeen tiedonvaihtoa sekä päätöksentekoa ja edistää kommunikointia ulkopuolisten sidosryhmien kanssa. Inframallinnus mahdollistaa myös tuotannon suunnittelun ja ohjauksen työmaalla. Tärkeä osa inframallintamista on myös sen mahdollisuudet ottaa osaksi kustannushallintaa ja määrälaskentaa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 14-15)

Tietomallintamisessa mallipohjaiseen suunnitteluun tarvitaan suunnittelujärjestelmä, joka tuottaa mallipohjaista aineistoa. Käyttämällä standardoituja tiedonsiirtoformaatteja voidaan jokaisella suunnitellulla kokonaisuudella rakentaa mallia eteenpäin, vaikka aineistoa olisi luotu eri suunnitteluohjelmilla. (Liikennevirasto 2017, s. 9-10) Tiedonsiirtoformaatti Inframodel on avoin formaatti infratietojen siirtoon. Kyseinen formaatti on suomalaisten kehittämä, kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva, jonka uusin versio on Inframodel 4 (IM4). Inframodel eroaa LandXML-standardista siten, että Inframodelilla on mahdollista siirtää sellaista tietoa mitä LandXML-standardissa ei olisi mahdollista siirtää. Esimerkiksi vesihuoltoverkostojen kaivoille lisätyt ominaisuustiedot ja eri kohteiden nimikkeisiin liittyvät tiedot ovat sellaista tietoa, mitä Inframodelilla on mahdollista siirtää ohjelmistosta toiseen. Inframodel-formaattia hyödynnetään suunnitteluohjelmissa ja mittaus-, tarkastus sekä koneohjaussovelluksissa. Avoin tiedonsiirtoformaatti varmistaa yhtenäisen toimintatavan tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja rakentamisessa. Inframodel-formaatin hyödyntäminen mahdollistaa muun muassa maastomittaustietojen siirron, suunnitteluohjelmien välisen tiedonsiirron, suunnittelumallien arkistoinnin, toteutusmallien tuottamisen koneohjausta varten,

toteuma- tai tarketiedon siirron työmaalta suunnittelijalle. Inframodel on kehitetty suomalaisen käytännön tarpeiden pohjalta, ja sitä kehitetään infra-alan tarpeiden mukaisesti. (BuildingSMART Finland 2019b, s. 1-3) Kansainvälisesti standardina käytettävä tiedonsiirtoformaatti IFC (Industry Foundation Classes) esiintyy rakennusalan tietomallipohjaisessa tiedonsiirrossa eri tietokonejärjestelmien sekä hankkeen osapuolten välillä. IFC-tiedonsiirtoformaattia kehitetään jatkuvasti ja formaatin kehityksestä vastaa BuildingSMART International -järjestö. IFC-tiedonsiirtoformaatti on rekisteröity virallisena kansainvälisenä standardina ISO 16739:2018 ja sen uusin virallinen versio on IFC4.1, joka on julkaistu vuonna 2018. (BuildingSMART International 2018) IFC-tiedonsiirtoformaatin tiedostotyyppinä toimii IFC-SPF-tekstitiedosto, IFC-XML-tiedosto tai IFC-ZIP-tiedosto, mikä on pakattu versio IFC-SPF-tekstitiedostosta (BibLus 2020). Vuosina 2018 ja 2019 BuildingSMART alkoi kehittää standardoidun tiedonsiirtoformaatin IFC:n hyödyntämistä infrarakentamisen suuntaan. BuildingSMART:n kehittämän IFC Infrastructure Extensions työpajan johdosta lanseerattiin uudet IFC-Road, -Rail, -Bridge, -Ports ja IFC-Waterways -formaattit. (BuildingSMART International 2020). IFC-Road on IFC-spesifikaation laajennus teiden suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon tarpeisiin (BuildingSMART Finland 2020).

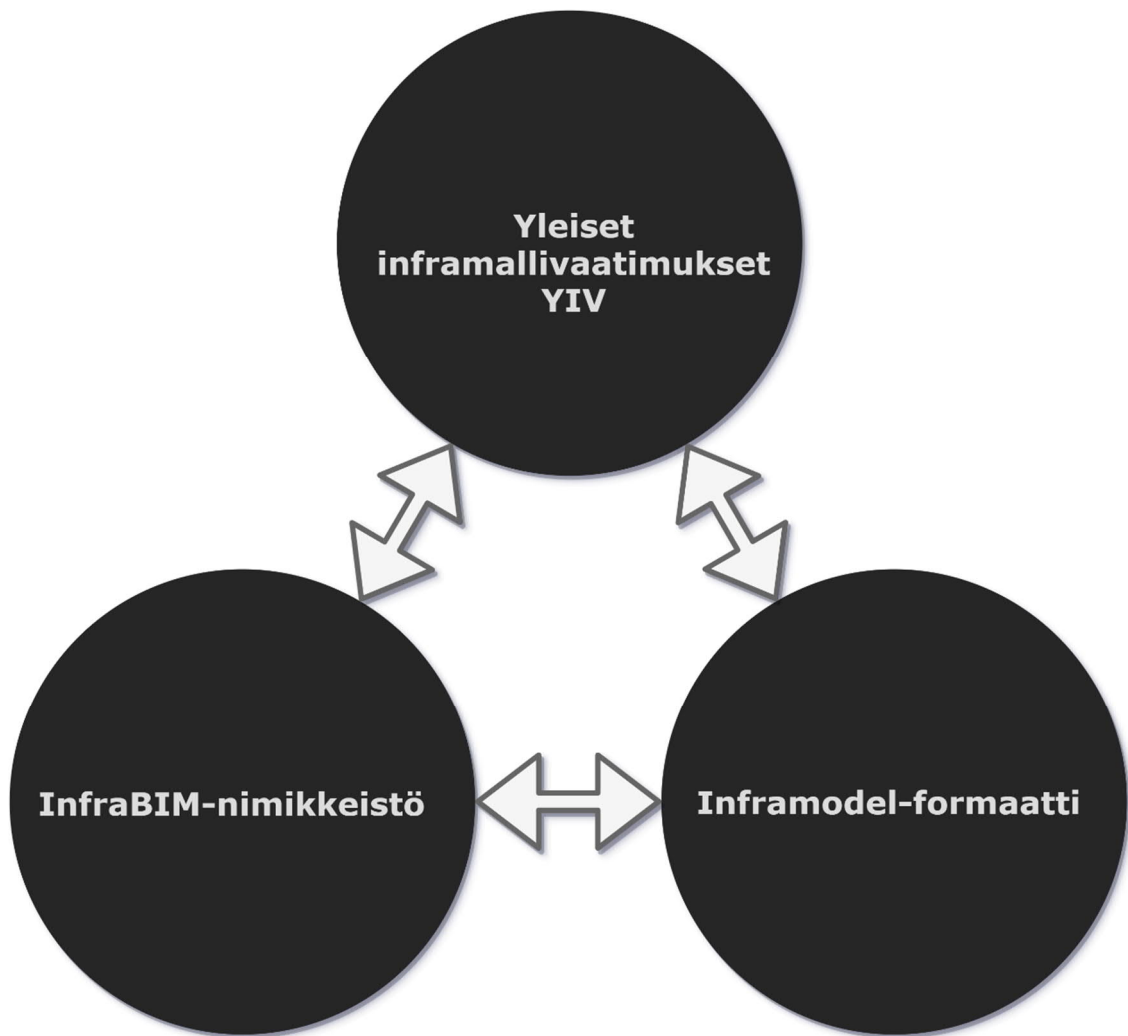
InfraBIM-nimikkeistö on infrarakenteiden ja -mallien elinkaaren kattava nimeämis- ja numeerointikäytäntö (BuildingSMART Finland 2019c, s. 4). InfraBIM-nimikkeistö kattaa inframallin nimeämis- ja numeerointikäytännön hankkeen koko elinkaaren ajalta, lähtötietojen keräämisestä, suunnitteluun, toteutukseen, toteuman mittaukseen sekä kunnossapitoon asti. InfraBIM-nimikkeistön avulla väylärakenteet voidaan kuvata rakennepintoina, jotka muodostuvat nimetyistä taiteviivoista. Esimerkiksi yksiajoraitaisen tien jokainen eri rakennepinta ja taiteviiva voidaan ilmaista omin numeroyhdistelmin ja nimin, jotta tien mallin havainnollistaminen helpottuu. (BuildingSMART Finland 2019c, s. 4-5) Tällä tavoin saadaan yhteinen ymmärrys terminologiasta ja voidaan välttyä väärinkäsityksiltä. Tietomallinnuksessa yhtenäinen termistö ja sen käyttö helpottavat huomattavasti mallinnushanketta sen koko elinkaaren ajalla. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 39) Pintamallit ja poikkileikkauksen sisältämässä kuvassa 1 nähdään InfraBIM-nimikkeistön esimerkki tierakenteen eri rakennepintojen ja taiteviivojen nimeämismallista.



Kuva 1. Taiteviivojen välisten pintojen nimeämisesimerkki. (BuildingSMART Finland 2019c, s. 1)

Kuvassa 1 jokaiselle eri pintamallille on määritelty oma kuusinumeroinen koodi sekä poikkileikkauksessa jokaiselle taiteviivalle on määriteltynä oma kolminumeroinen koodi.

Tiedonsiirtoformaatti Inframodelin ja InfraBIM-nimikkeistön kanssa kolmantena pilarina Suomen teiden ja ratojen tietomallintamisessa toimiva Yleiset inframallivaatimukset - ohjeistus ohjaa, yhdenmukaistaa ja kehittää koko infra-alan mallinnuskäytäntöjä. Uusin versio Yleiset inframallivaatimukset 2019 eli YIV-2019 tarjoaa käytännön ohjeistukset hankkeen koko elinkaaren aikana, lähtöaineiston laatimisesta rakennetun kohteen luovutukseen. Tulevaisuudessa ohjeistukseen tulee lisäksi vielä käytön ja kunnossapidon mallinnusohjeistukset. Itse ohjeistus sisältää eri aihepiireittäin vaatimus- sekä ohje-osioita. Vaatimus-osiot sisältävät mallinnuksen ja mallien tietosisällön vähimmäisvaatimukset, joiden noudattaminen on tarpeellista kaikissa infrahankkeissa. Ohje-osiot sisältävät suositeltavaa ohjaavaa käytäntöä, mutta eivät ole ehdottomia vähimmäisvaatimuksia. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 6-7)



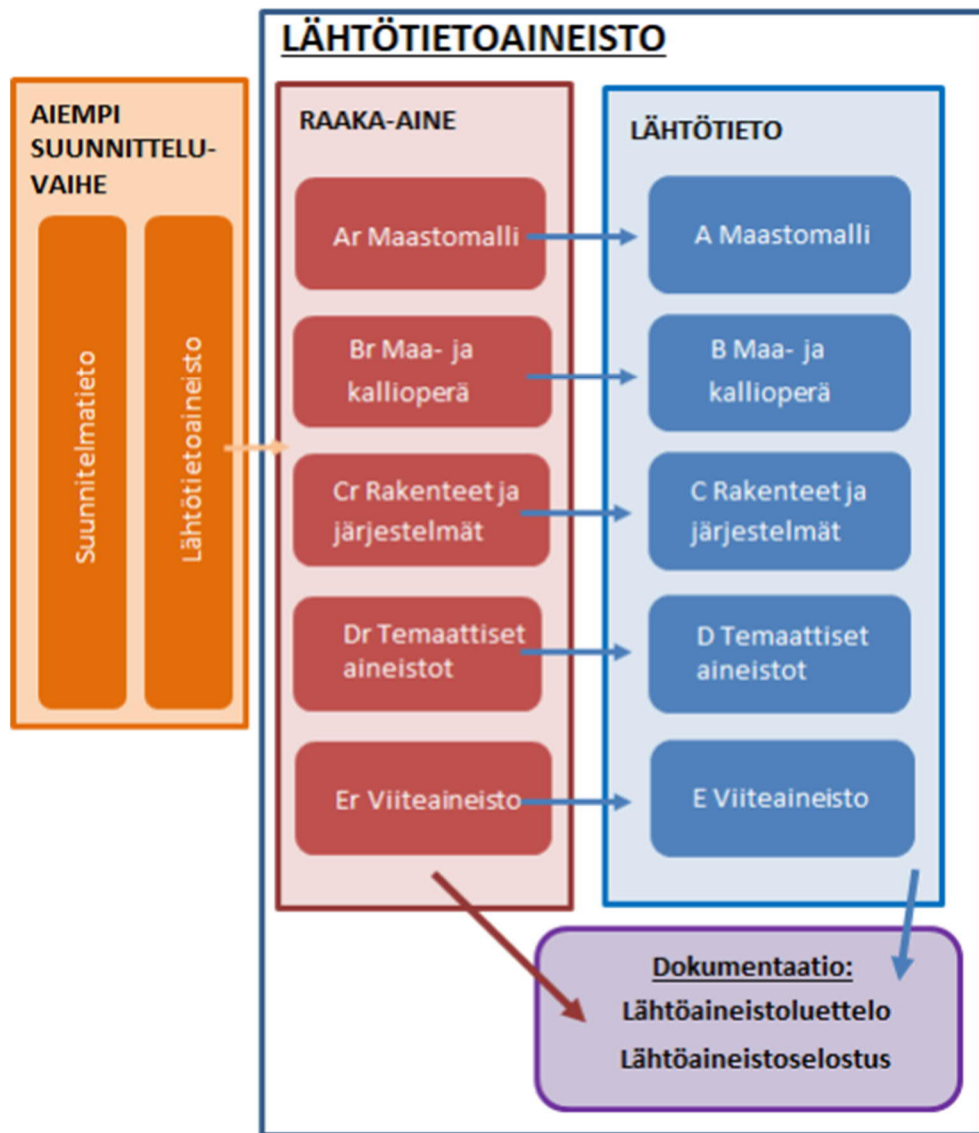
Kuva 2. Tietomallintamisen tiedonhallinnan perusteet. Mukaillen lähteestä: (BuildingSMART Finland 2019a, s. 6)

Tietomallipohjaisessa väylien suunnitteluhankkeessa hankkeen alussa laaditaan ja hyväksytään yhdessä hankkeen tietomallisuunnitelma. Tietomallisuunnitelmalla ohjataan hankkeen suunnitteluvaiheen tietomallintamiseen liittyviä tehtäviä, vastuualueita ja prosesseja. Perinteisesti suunnittelukonsulttiyritys laatii tietomallisuunnitelman ja tilaaja hyväksyy sen, mutta kooltaan isommissa hankkeissa, mitkä voivat sisältää useita suunnittelutoimeksiantoja, myös tilaaja voi laatia tietomallisuunnitelman. (Liikennevirasto 2017, s. 15) Tietomallisuunnitelman avulla voidaan varmistaa, että tilaajan ja suunnittelijan näkemykset hankkeen tietomallintamisesta yhtenevät. Tietomallisuunnitelmalla varmistetaan myös se, että suunnittelun toteutus pysyy tavoitteiden mukaisena, eli tietomallisuunnitelma toimii myös laadunvarmistajana tilaajalle. (Kemppainen & Niskanen 2015)

Hankkeen tietomallisuunnitelmalla on tarkoituksena määrittää vähintään seuraavat ohjeistukset:

- kuinka lähtötiedot mallinnetaan,
- miten yhdistelmämalli muodostetaan,
- mallipohjainen toimintaprosessi ja sen organisointi,
- mallinnusprosessin päävaiheiden aikataulu sekä suhteutus koko suunnittelutyön aikatauluun,
- mallinnuksen vastuuhenkilöt,
- mallinnuksen tarkkuustaso ja käyttötarkoitus,
- mallinnuksen hyödyntäminen yhteistyössä,
- mallinnuksen mahdollisen esittelymallin hyödyntäminen
- mallinnuksen dokumentointi,
- mallien tarkastus ja laadunvarmistus,
- mallinnuksessa käytettävät ohjelmistot sekä eri käyttäjätahojen käyttämät ohjelmistot,
- luodun malliaineiston tallennus ja jakelu sekä
- luodun malliaineiston luovutus (Liikennevirasto 2017, s. 15)

Ensimmäiset tehtävät väylähankkeen suunnittelussa on lähtöaineiston kokoaminen ja kerääminen. Lähtöaineisto koostuu suunnitelmahanketta varten hankitusta raaka-aineesta sekä muista lähtötiedoista. (Liikennevirasto 2017, s. 17) Kuvassa 3 nähdään BuildingSMART Finlandin laatimassa Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1 ohjeistuksessa esitetty kaavio lähtötietoaineistosta. Kuvassa 3 nähdään, kuinka lähtötietoaineisto jaotellaan eri aineistojen perusteella, ja hankkeen kannalta olennainen lähtötieto on eroteltu saadusta raaka-aineesta.



Kuva 3. Lähtötietoaineiston rakenne (BuildingSMART Finland 2019a, s. 51).

Lähtöaineiston määrästä, laajuudesta ja yksityiskohtaisuudesta päättää hankkeen ominaisuuspiirteet, tai niistä voidaan sopia erikseen hankkeen alussa (Liikennevirasto 2017, s. 17). Tavoite olisi, että suunnitteluvaiheen alussa suunnittelijalla olisi välittömästi valmiina kaikki tarpeelliset lähtöaineistot, ettei lähtöaineiston keräämiseen kuluisi itse suunnittelun aikana ylimääräistä aikaa. Tietomallipohjaisessa hankkeessa lähtöaineistosta yhdessä lähtöaineistoluettelon kanssa voidaan koota lähtötietoaineisto. Lähtötietoaineistosta on aikaisemmin puhuttu termillä lähtötietomalli. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 10, 50) Lähtötietoaineistolla voidaan kuvata hankkeen kaikki lähtötiedot dokumentoituna, harmonisoituna ja vakioidulla tavalla lajiteltuna kokonaisuutena. Tällä tavoin voidaan kuvata suunnittelukohteen nykyinen tila 3D-aineistojen sekä kartta-aineistojen ja dokumenttien avulla. (Liikennevirasto 2017, s. 17) Lähtötietoaineiston luomisen jälkeen lähtötietoaineisto seuraa hanketta koko hankkeen elinkaaren läpi tarkentuen ja päivittyen kussakin suunnitteluvaiheessa syntyvien uusien



lähtötietojen osalta. Näitä lähtötietoaineistoa päivittäviä uusia lähtötietoja voi olla esimerkiksi uusien pohjatutkimuksien tai tarkempien maastomittauksien antamat aineistot ja tiedot. Siirryttäessä hankevaiheesta toiseen edellisen vaiheen lähtötietoaineisto toimii pohjana seuraavan vaiheen lähtötietoaineistolle. Toisaalta, joissain vaihesiirtymissä seuraavaan vaiheeseen luovutetaan aineoastaan seuraavan vaiheen kannalta olennaisimmat lähtötietoaineistot. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 50, 75) Kuvassa 4 nähdään, kuinka lähtötietoaineisto kulkeutuu hankkeen koko elinkaaren ajan päivittyen sen eri suunnitteluvaiheissa.



Kuva 4. Lähtötietoaineisto osana koko hankkeen elinkaarta. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 50)

Esi- ja tarveselvitysvaiheessa, ennen hankkeen yleissuunnitteluvaihetta tietomallinnuksella voi olla rooli muun muassa eri vaihtoehtoverailujen havainnollistamisessa ja sidosryhmätyöskentelyssä. Mallinnuksen avulla voidaan vaikuttaa hankkeen hyväksyttävyyteen merkittävästi. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 17) Mallinnus ei ole tässä vaiheessa vielä yksityiskohtaista, sillä esi- ja tarveselvitysvaiheessa tutkitaan väylähankkeita maakuntakaavan ja yleiskaavan likimääräisellä tarkkuustasolla (BuildingSMART Finland 2019a, s. 17; Liikennevirasto 2010, s. 7). Lähtötietoaineisto, joka on luotu esi- ja tarveselvitystä varten kootuista ja kerätyistä lähtöaineistosta, voi toimia hankkeen seuraavan vaiheen lähtötietona. Tässä vaiheessa hanketta malli voi sisältää metatietoja, esimerkiksi ympäristövaikutuksia, kustannuksia, riskienhallinnan tuottamaa tietoa hankkeen kohteesta sekä muita vaikuttavia tietoja. Lähtötietoaineisto voi sisältää myös suunnittelualueen ympäristön nykytilaa koskevaa tietoa, kuten pohjavesialueita, luonnonsuojelukohteita ja perinteistä kaavatietoa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 17)

Esi- ja tarveselvitysvaiheen jälkeen hanke siirtyy yleissuunnitelmavaiheeseen. Yleissuunnitelmavaiheessa määritetään väylän likimääräinen paikka ja tilantarve sekä väylän suhde ympäröivään maankäyttöön. (Liikennevirasto 2010, s. 7) Tietomallinnuksen avulla yleissuunnitelmasta voidaan havainnollistaa muun muassa eri päävaihtoehdot, melu- ja värinävaikutusalueet, kustannus- ja vaikutusarvioinnit sekä

suunnitteluratkaisujen yhteensopivuus. Vaikka yleissuunnitelmavaiheessa inframalli on varsin pelkistetty ja yksinkertaistettu, sillä voidaan tutkia keskeisiä geometrioita, tilavarauksia ja ympäristöön sovittamista sekä massojen arvioita. Hyväksytystä yleissuunnitelmasta siirrytään niin sanottuun viranomaiskäsittelevävaiheeseen, eli tie-, katu-, rata- tai puistosuunnitelmavaiheeseen. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 17)

Viranomaiskäsittelevävaiheessa eli tie-, katu-, rata- ja puistosuunnitelmavaiheessa on tietomallinnuksella tarkoitus mallintaa suunnitelman tekniset ratkaisut riittävällä tarkkuudella alue- ja tilavarauksia varten. Suunnitelmamallilla esitetään myös ratkaisujen toteuttamiskelpoisuus sekä tuotetaan hallinnollisesti hyväksyttävät suunnitelmat. Rata-, tie- tai katusuunnitelmavaiheessa mallinnuksella on hyötyä myös vaikutusten arviointiin, yhteensovittamiseen, aluevarauksen varmistamiseen, havainnollistamiseen sekä kustannusten arviointiin. Tässä vaiheessa tosin eri tekniikkalajien tuottamat omat suunnitelmamallinsa ei tarvitse olla kaikilta osin viimeistelyjä. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 17) Hankkeen viranomaiskäsittelevävaiheessa voidaan eri tietomalleista yhdistää yhdistetty inframalli, mikä voidaan muodostaa eri käyttötarkoituksiin. Tätä yhdistettyä inframallia kutsutaan yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallia voidaan hyödyntää erityisesti eri tekniikkalajien yhteensovituksen ja vuorovaikutuksen havainnollistamiseen. Usein yhdistelmämallit saattavat sisältää paljon informaatiota, mutta tietomallintamisen avulla tietosisältöä pystytään hallitsemaan, ja voidaan tarkastella haluttuja kokonaisuuksia ja kohteita. Malliin koottavia tietoja voi olla esimerkiksi maanalaiset johdot, rakenteet, pohjatutkimustiedot ja maanalaiset tilat. Väylän suunnittelun edetessä säännöllinen yhdistelmämallin kokoaminen on osa jatkuvaa laadunvarmistusta. Yhdistelmämallin kokoamista ja esittämistä varten on laadittava säännöt hankkeen tietomallisuunnitelmassa. Yhdistelmämallin havainnollistamiseen on käytössä useita eri ohjelmia, mutta sopimusvaiheessa on varmistettava, että tilaajalla on käytössä tarvittava ohjelma mallien esikatseluun ja kommentointiin sekä kommenttien tallentamiseen. (Liikennevirasto 2017, s. 20-21)

Eri tekniikkalajien suunnittelumalleista ja lähtötietoaineistosta voidaan muodostaa esittelymalli, jossa mallit muokataan esittämään lopullista suunnitelman mukaista tilanne. Esittelymalli luodaan yhdistelmämallin pohjalta. Tarkoituksena on havainnollistaa näkyvät rakenteet ja suunnitelmat mahdollisimman todenmukaisilla tekstuureilla ja objekteilla. (Liikennevirasto 2017, s. 21) Esittelymallin tietosisältö onkin lähtökohtaisesti visuaalisuus, mutta riippuen mallinnusohjelmasta, esittelymalliin voidaan liittää

ominaisuusinformaatiota ja toiminnallisuutta. Esittelymallia hyödynnetään esimerkiksi viestinnässä sekä markkinoinnissa ja esittelymalli voi tukea päätöksentekoa ja vuorovaikutusta. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 9)

Väylähankkeen seuraava suunnitteluvaihe on rakennussuunnitteluvaihe. Rakennussuunnitteluvaiheessa mallintamista voidaan hyödyntää havainnollistamisessa, määrä- ja kustannuslaskennassa, yhteensovittamisessa sekä työmaan hankinnoissa, aikataulutuksessa sekä mittaus-, koneohjaus- ja laadunvarmistustoiminnassa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 84) Keskeisenä tavoitteena on teknisten yksityiskohtien ratkaiseminen ja suunnitteleminen sekä kohteen mallintaminen niin tarkasti, että rakentaminen voidaan toteuttaa kyseisen inframallin avulla. Rakennussuunnitelman malli täytyy suunnitella alan yleisten ohjeiden mukaisesti toteutuksen tarpeet huomioon ottaen. (Liikennevirasto 2017, s. 32) Rakennussuunnitelmamallissa esitetään hankkeen rakentamiselle olennaiset rakenteet, rakenneosat sekä rakennekerrokset yksityiskohtaisesti (BuildingSMART Finland 2019a, s. 18). Hyväksytystä rakennussuunnitelmamallista tuotetaan hankkeen toteutusmallit. Rakennussuunnitelmavaihe on hankkeen kannalta tärkeä, koska siinä havainnollistetaan hankkeen toteutuksen haasteet ja riskit. (Liikennevirasto 2017, s. 33)

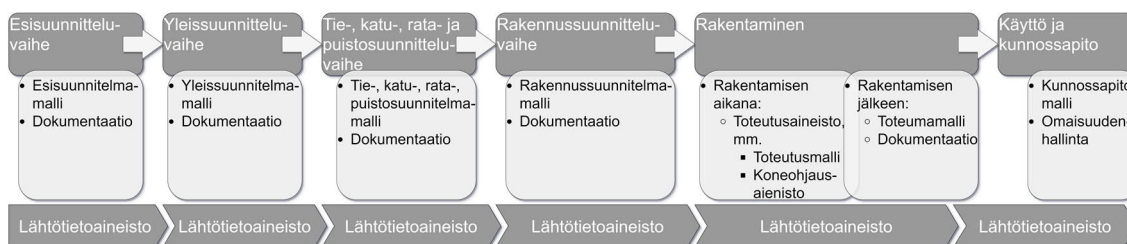
Toteutusmallilla mahdollistetaan mallipohjainen rakentaminen (BuildingSMART Finland 2019a, s. 88). Toteutusmalli kattaa toteutuksen näkökulman, eli rakentamisen tehtävät, ajoituksen ja resurssit. Väylähankkeen toteutusmallin perusteella voidaan jalostaa koneohjausaineisto tai paikalleenmittausmalli (BuildingSMART Finland 2019a, s. 10; Liikennevirasto 2017, s. 33). Paikalleenmittausmallilla voidaan esittää rakennettavat tai asennettavat kohteet maastossa mittauksien ja merkintöjen avulla (Liikennevirasto 2017, s. 33). Koneohjausaineisto, aikaisemmin tunnettu termillä koneohjausmalli, on hankkeen työkoneiden ohjausmalli. Koneohjausaineiston avulla voidaan mahdollistaa työkoneohjausautomaation hyödyntäminen. Pääsääntöisesti koneohjausaineiston laatii hankkeen urakoitsija. Koneohjausaineisto sisältää pintamalleja, geometrialinjoja, taustakartoitusta, linjamaisia kohteita tai verkostoja, pistemäisiä kohteita sekä 3D-taiteviivoja. Aineiston sisältämät tiedostot on oltava koneluettavassa muodossa, joissa on huomioitu eri koneohjausjärjestelmien erityistarpeet. Näitä erityistarpeita voi olla esimerkiksi laitekohtaiset vaatimukset käytettävälle tiedonsiirtoformaateille. Tämä aiheuttaa sen, että toteutusmalleja ei

välttämättä voi suoraan hyödyntää koneohjausaineistona. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 10, 19)

Rakennetun kohteen inframallintamisesta puhutaan toteumamallina. Toteumamalli voi olla esimerkiksi päivitetty versio rakennussuunnitelma- tai toteutusmallista rakenteen lopullisen toteuman perusteella. Kaikki yksittäisesti rakennetut rakennepinnat luovat yhdessä rakennetun kohteen toteumamallin, hankkeen rakentamisen mittaamisen ja työkonetehokkuudessa käytetyn ja kerätyn tietosisällön perusteella. Käyttötarkoituksena toteumamallilla on rakenteen vaatimusten ja geometrisen laadun toteutuksen todentaminen tilaajalle sekä omaisuuden hallinnan lähtötietona toimiminen tilaajan kunnossapitoprosessille. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 12, 134) Toteumamalliin lisättyjen käytön ja kunnossapidon tarvitsemien tietojen muodostamasta mallista voidaan puhua kunnossapitomallina. Kattava kunnossapitomalli toteutuneesta kohteesta parantaa käytön aikaista tiedonhallintaa sekä toimii lähtötietona, kun rakennettuun kohteeseen on tarvetta tehdä muutoksia. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 20)

Väylähankkeen rakentamisvaiheen lopputuotteena syntyvästä toteumamallista, -piirustuksista ja laadunvarmistusaineistosta voidaan luoda digitaalinen luovutusaineisto. Luovutusaineisto todentaa rakentamisen laadun ja toimii tilaajan omaisuudenhallinnan lähtötietona kunnossapitoprosessissa. Digitaalisella luovutusaineistolla voidaan parantaa väylähankkeen elinkaaren tiedonhallintaa. (BuildingSMART Finland 2019a, s. 9) Tietoa voidaan siirtää eteenpäin seuraaville hankevaiheille sekä kerätyn tiedon jälleenkäyttö helpottuu. Digitaalisen luovutusaineiston yhdenmukainen luovutustapa ja aineiston dokumentointi on olennainen osa hankkeen aikana syntyneen tiedon jälleenkäytön helpottamista. Luovutettava aineisto tulee jaotella vakioidusti ja siihen sisällytetään aineistoluettelo ja -selostus. Luovutettavan aineiston nimeämisissä hyödynnetään InfraBIM-nimikkeistöä ja luovutusformaatit ovat pääsääntöisesti avoimia tiedonsiirtoformaatteja. (Liikennevirasto 2017, s. 44)

Kuvassa 5 nähdään yleisellä tasolla infraprojektin kulku sekä hankkeen eri vaiheissa luodut aineistot. Hankkeessa luodun malliaineiston lisäksi nykypäivänä vaaditaan vielä paljon perinteisten dokumenttien toimittamista. Malliaineiston ja luotujen dokumenttien sisällön tulee vastata toisiaan, ja tulevaisuudessa tavoitteena on korvata perinteiset dokumentit enemmän ja enemmän malliaineiston avulla.



Kuva 5. Infrahankkeen projektin kulku yleisellä tasolla, ja eri hankevaiheissa toteutettu mallipohjainen aineisto. Mukaillen lähteestä: (BuildingSMART Finland 2019a, s. 15)

Tietomallintamisen hyödyntäminen väylien suunnittelussa ja rakentamisessa näkyy Suomen lisäksi muissakin maissa. Ruotsissa ei ole virallisia valtakunnallisia mallinnusohjeistuksia, mutta useilla suunnitteluyrityksillä on yrityksen sisäisiä sääntöjä ja mallinnusohjeistuksia (Karlsson & Rönndahl 2018, s. 1). Ruotsin BIM Alliance -yhdistys on kehitetty ajamaan tietomallintamisen edistämistä Ruotsissa julkisen sektorin rakennushankkeissa. CoClass on Ruotsissa tietomallinnuksessa hyödynnetty nimeämis- ja luokitteluohjeistus, mikä perustuu ISO 12006-2:2015 sekä IEC CD 81346-sarjan standardeihin (BIM Alliance Sweden; Ekholm 2016, s.1). CoClassin on kehittänyt Ruotsin Trafikverket (liikennevirasto) paikallisten suunnittelu- ja teollisuusyritysten avustuksella (Jackson 2019, s. 54). Ruotsissa lainsäädäntö ei vaadi tietomallinnuksen käyttöä väylien suunnittelussa ja rakentamisessa, mutta Ruotsin liikennevirasto Trafikverket on vaatinut tietomallinnuksen käyttöä julkisen sektorin hankkeissa jo vuodesta 2015 (BibLus 2019). Infrahankkeissa tiedonsiirtoformaattina Ruotsissa käytetään IFC-tiedonsiirtoformaattia (European Commission 2020).

Norjassa BuildingSMART sekä rakentajien ja rakennuttajien verkosto BA-nettverket ajavat väylien tietomallipohjaisen suunnittelun kehitystä eteenpäin. Myös norjalaiset suunnittelukonsulttiyritykset, tilaajat sekä ohjelmistotarjoajat pyrkivät edistämään tietomallipohjaisten toimintatapojen hyödyntämistä hankkeissaan. (Sekse 2014, s. 8) Norjassa valtion tieviranomaisjärjestö (Statens vegvesen) on julkaissut norjalaiset tietomallinnusohjeet julkaisussaan Håndbok V770 Modellgrunnlag. Julkaisussa on esitetty mallinnukselle ohjeistukset ja vaatimukset, dokumentoinnin vaatimukset sekä tiedonsiirron ohjeet. Julkaisu valmistui vuonna 2015 ja se on paranneltu versio vuonna 2012 julkaistusta Handbøk 138 Modellgrunnlag. Ohjeistus oli tehty yhteistyössä BA-nettverketin kanssa, hyödyntämällä useaa pilottihanketta ohjeistuksen testaamiseen. (Statens vegvesen 2020) Norjassa tietomallipohjaisessa suunnittelussa on käytössä tiedonsiirtoformaattina kansainvälisenä standardina tunnettu IFC-tiedonsiirtoformaatti (BIM Corner 2020a). Norjan lainsäädäntö ei pakota käyttämään tietomallintamista

infrahankkeissaan, mutta Norjan valtion tieviranomaisjärjestö Statens vegvesen voi vaatia tietomallintamisen hyödyntämistä valtion infrahankkeissa. Esimerkiksi Länsi-Norjaan suunnitteilla olevassa Norjan valtion tieviranomaisjärjestön tieprojektissa (Fv47 Åkra sør – Veakrossen) ei vaadita ollenkaan perinteisiä dokumentteja. Vain pakolliset dokumentit tuotetaan perinteisesti ja hankkeen muut aineistot on tarkoitus toteuttaa vain tietomallintamista hyödyntäen. (Fürstenberg ja Lædre 2019) Norjassa infrahankkeiden tietomallinnuksen nimeämis- ja luokitteluohteistuksena käytetään SOSI-standardia (Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon). SOSI-standardin avulla mallin objekteja voidaan jakaa temaattisiin ryhmiin kuten tiet, raitiotiet ja vesihuoltojärjestelmät. SOSI-standardin luokittelu ja nimeäminen on jaettu olemassa oleviin rakenteisiin sekä rakennettaviin rakenteisiin. (BIM Corner 2019)

Tanskassa tietomallinnuksen hyödyntämisestä on vaadittu lakisääteisesti jo vuodesta 2007 lähtien (Kylmä 2015, s. 11). Valtion omistamat Banedanmark, joka on tekemisissä valtion rataverkon rakentamisen ja hallinnoimisen kanssa, ja Vejdirektoratet, joka on tekemisissä valtion tieverkon kanssa, ovat yhdessä kehittämässä infra-alan tietomallintamista. Tietomallintamisen kehittämistä koskeva projekti kestää 5 vuotta ja sen on määrä valmistua vuonna 2022. Projektissa hyödynnetään kansainvälistä standardisointia. (BIMInfra 2020) CCS (Cuneco Classification System) on tanskalainen nimeämis- ja luokittelustandardi, joka kehitettiin vuosien 2011 ja 2015 välillä. CCS nimeämis- ja luokittelustandardin tuotti Tanskan hallitus yksityisten yritysten avustuksella. CCS perustuu CoClassin tapaan samaan ISO 81346 sarjan standardeihin. (Jackson 2019, s. 53)

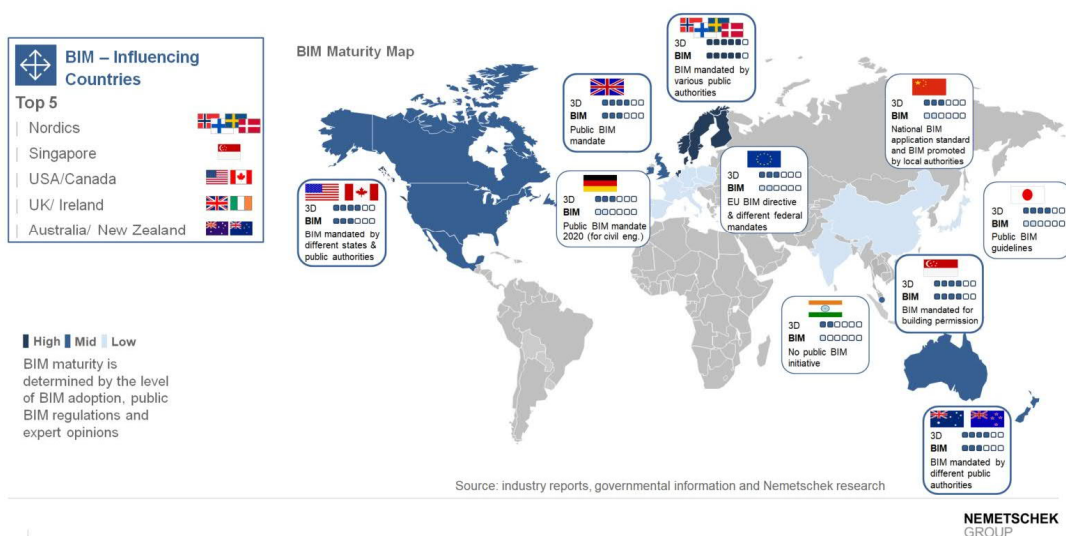
Taulukossa 1 nähdään Norjan, Ruotsin ja Tanskan tietomallinnuskäytännöt. Taulukossa 1 tietomallinnuskäytäntöjä on tarkasteltu eri ohjeistuksien, standardien sekä lakisäädösten näkökulmasta.

Taulukko 1. Tietomallinnuskäytännöt infrarakentamisessa Norjassa, Ruotsissa ja Tanskassa.

|  | Norja  | Ruotsi   | Tanska  |
|--|--|--|---|
| <b>Valtakunnallinen mallinnus-ohjeistus:</b>                               | Valtion tieviranomaisjärjestö laatinut tietomallinnusohjeet: Håndbok v770 Modellgrunnlag.                                  | Ei käytössä omaa, mutta useilla yrityksillä omia sisäisiä sääntöjä ja mallinnusohjeita.                            | Ei valtakunnallista mallinnusohjeistusta.   |
| <b>Tietomallinnuksen nimeämis-, luokittelu- ja tiedonsiirto-standardi:</b> | Kansainvälinen ja avoin tiedonsiirtoformaatti IFC on käytössä. Nimeämisessä ja luokittelussa käytetään SOSI standardia.    | Nimeämis- ja luokittelustandardi CoClass on käytössä. Tiedonsiirrossa IFC-formaatti.                               | Nimeämis- ja luokittelustandardi CCS on käytössä.   |
| <b>Lakisäädökset:</b>  | Lainsäädäntö ei pakota käyttöä, mutta valtion virastot voivat vaatia käyttöä.  | Lainsäädäntö ei pakota käyttöä, mutta Ruotsin liikennevirasto on vaatinut tietomallinnuksen käyttöä vuodesta 2015. | Tietomallinnusta on vaadittu lakisääteisesti jo vuodesta 2007 lähtien.  |
| <b>Kuka kehittämässä eteenpäin:</b>  | BuildingSMART sekä rakentajien ja rakennuttajien verkosto BA-nettverket ja valtion tieviranomaisjärjestö Statens Vegvesen. | BIM Alliance ja liikennevirasto Trafikverket.  | Valtion tie- ja rataviranomaisjärjestöt ovat yhdessä kehittämässä tietomallinnusta infra-alalla kansainvälisen standardoinnin avulla. |

Kuvassa 6 nähdään kartta, missä on esitetty tietomallinnuksen taso ympäri maailmaa. Kartalla eri maiden tietomallinnuksen tasot ovat pisteytetty tietomallinnuksen hyödyntämisen määrän, vaatimuksien ja ohjeistuksien sekä asiantuntijoiden arvioiden perusteella. Kuvassa on esitetty selkeästi, kuinka pohjoismaat ovat tietomallinnuksen hyödyntämisessä maailmanlaajuisesti muita edellä. (BIM Corner 2020b)

### Most Influencing BIM Countries



Kuva 6. Tietomallinnuksen taso ympäri maailmaa. (BIM Corner 2020b)

## 1.2 Tietomallintaminen tieväylien kunnossapidossa

Käsite kunnossapito tunnettiin ennen ylläpitona, mutta Rakennusliitto, Liikennevirasto ja Kuntaliitto yhtenäistivät käsitteitä siten, että käsite ylläpito poistettiin kokonaan ja korvattiin kunnossapidolla. Ylätason käsite kunnossapito jakautuu korjaukseen, hoitoon ja käyttöön. Inframalli koostuu objekteista, joihin on mahdollista liittää ominaisuustietoja. Esimerkiksi betonirumpu merkitään inframalliin vain rumpuna ja ominaisuustiedoissa lukee materiaalitietona betoni. Tällä tavoin myös hoito- ja korjaustoimenpiteitä on mahdollista liittää objektien ominaisuustietoihin. Oikein määritellyn ja yhtenäisen nimikkeistön hyödyntäminen on yksi tehokkaimmista omaisuudenhallinnan työkaluista. Tiedon- ja omaisuudenhallinta korostuvatkin tietomallipohjaisessa tieväylien kunnossapidossa. Mallinnukseen kunnossapidossa ei ole olemassa ohjeistusta, lukuun ottamatta Liikenneviraston ohjetta 6/2014 ”siltojen tietomalliohje”, missä määritellään siltojen ylläpitomallin vaatimukset. (Liikennevirasto 2017, s. 34)

Suomessa tieväylien tietomallipohjainen kunnossapito voidaan jakaa kolmeen osakokonaisuuteen. Ensimmäinen on kunnossapidon tietomallipohjainen kokonaistoimintaprosessi, eli mallintamisen hyödyntäminen lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa ja toteuman mittauksessa. Toinen osa on tieverkon ja siihen liittyvien tietovarastojen tietomallipohjainen ylläpito. Kolmantena investointihankkeen tuottamien mallipohjaisten tietojen hyödyntäminen kunnossapidossa sekä kunnossapidon



vaatimukset investointi- ja kunnossapitohankkeiden toteumamalleille. (Marttinen & Heikkilä 2015, s. 4)

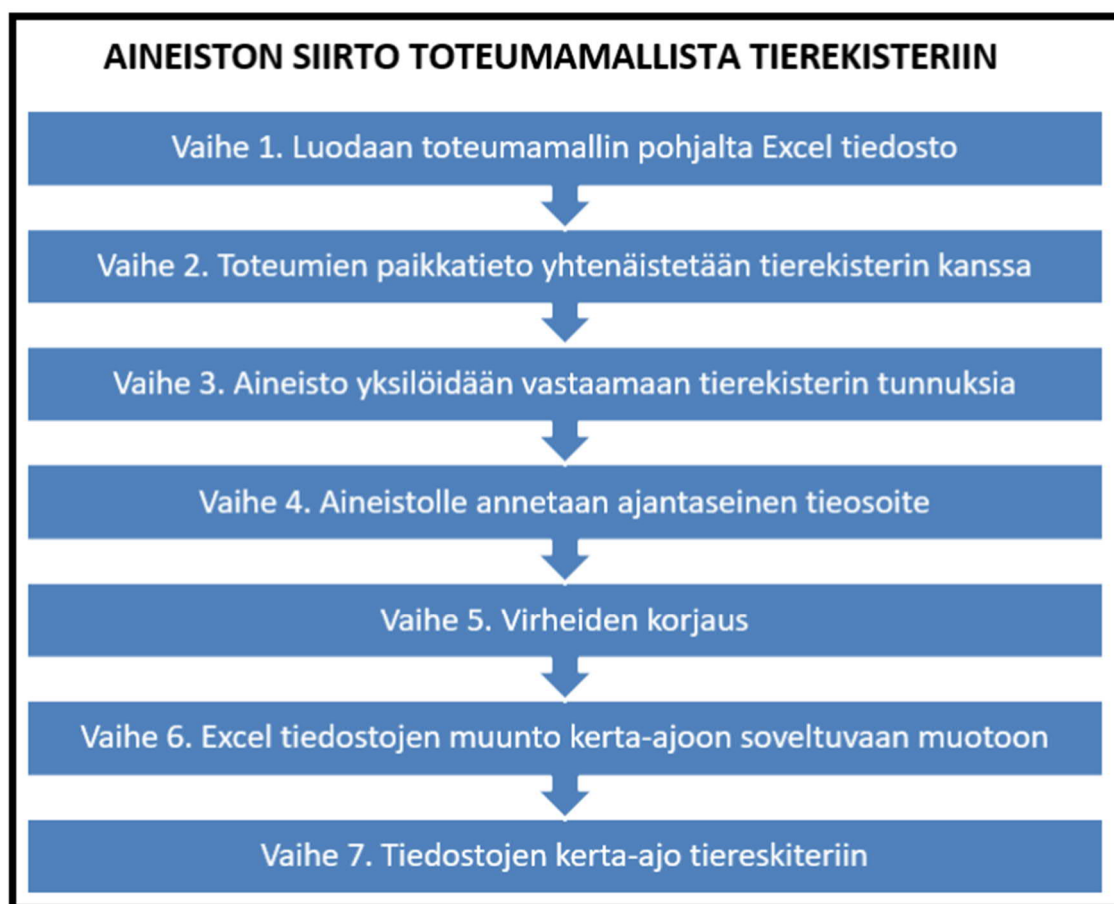
Tieväylien kunnossapidossa tieverkot mitataan PTM (palvelutasomittaus) -autoilla. Mittaustuloksista lasketaan URA- ja IRI -parametrit, eli poikki- ja pituussuuntaiset epätasaisuudet. Lasketut parametrit kirjataan tierekisteriin, minkä perusteella ELY-keskukset laativat toimenpideohjelmat. Toimenpideohjelmilla päätetään, mitkä tieosuudet otetaan kohdesuunnittelun pariin, eli mille tieosuuksille aletaan laatimaan tarkemmat toimenpidesuunnitelmat. Marttinen & Heikkilän (2015) mukaan ajoneuvolaserkeilausjärjestelmällä eli mobiilikeilauksella voitaisiin korvata perinteiset vuosittain tehtävät palvelutasomittaukset ja niistä laskettavat kuntoparametrit. Mobiilikeilauksella mitatuista arvoista voidaan tuottaa monipuolinen ja tarkempi kuva tienpinnan ongelmakohdista. Näitä ongelmakohtia voi olla muun muassa vaaralliset heitot tai painumat. Myös varuste- ja laiteinvestoinnit, kuten kaiteet, reunakivet, liikennemerkkit ja kaivot sekä laadunvalvontamittaukset voitaisiin toteuttaa mobiilikartoitusta hyödyntäen. Laadunvalvontamittauksilla tarkoitetaan esimerkiksi tasauksien sekä paluuheijastuvuuksien mittausta. Mobiilikeilaus mittaa niin tiheällä signaalilla, että saatuja mittauksia voidaan hyödyntää automaattisessa työkoneohjauksessa, etenkin kohteissa, joissa ohjaus perustuu absoluuttiseen korkeusasemaan. Näitä kohteita voi olla muun muassa asfaltin jyrshintä tai levitys. Kohteissa, missä työkoneen ohjaus perustuu toteutusmallin avulla suhteelliseen korkeusasemaan referenssipintaan nähden, mobiilikeilausauton inertialaitteen tarkkuus voisi riittää pitämään mitatun pinnan suhteellisen korkeusaseman riittävän tarkkana lyhyen matkaa. Tästä projektin toteutushetkellä ei oltu tehty riittäviä tutkimustuloksia. (Marttinen & Heikkilä 2015, s. 4)

Kunnossapidon edellytyksenä on selkeä tiedonhallinta. Väylä on kehittänyt teiden hoidon raportointiin ja laadunvalvontaan työkaluksi Harja-järjestelmän. Harja-järjestelmä kehitettiin osana Väyläviraston digitalisaatiohankkeen (2016-2018) osahanketta 3. Väyläviraston digitalisaatiohankkeen tavoitteena oli uudistaa liikenne-, väylä- ja liikkumistietojen tuottamisen, ylläpitämisen ja jakelun perinteisiä rakenteita ja tapoja. Hankkeella pyrittiin siihen, että uuden teknologian avulla käytössä on aikaisempaa ajantasaimpi tieto väylien kunnosta, käytöstä ja käytettävyydestä. Osahanke 3 keskittyi tieverkon ennakoivaan kunnonhallintaan ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittämiseen. Harja-järjestelmä oli yksi osahankkeen 3, hoidon digitalisoinnin

kehitysprojekteista. Harja-järjestelmän ansiosta teiden hoidon valvonta tehostuu ja koko hoidon prosessin digitalisointi etenee merkittävästi. Järjestelmä mahdollistaa myös sen, että kunnossapitotoimenpiteet voidaan näyttää asiakkaalle lähes reaaliaikaisesti. (Väylä 2019, s. 13, 8) Harja-järjestelmällä on korvattu aikaisempi Väyläviraston lanseeraamat AURA- ja LIITTO-järjestelmät. Harja-järjestelmä kehitettiin yhtenäistämään järjestelmärakennetta, jotta tulevaisuuden haasteisiin pystytään vastaamaan joustavasti. Järjestelmässä voidaan nähdä esimerkiksi tieliikennekeskuksen ilmoitukset, urakoiden kustannusten seuranta, päivystäjätiedot, tierekisterin varusteteeman päivitykset, reaaliaikainen toteumien seuranta ja karttapohjainen tilannekuva. (Rajala 2019, s.5)

Väyläviraston digitalisaatiohankkeessa (2016-2018) esitettiin osahankkeessa 3 myös Velho-järjestelmän kehittäminen (Väylä 2019, s. 8). Velho-järjestelmällä kootaan suunnitelma- ja toteuma-aineistot sekä tiestötiedot yhteen järjestelmään. Velho-järjestelmä aineistot ovat saatavissa kunnossapidon projektien lähtöaineistoksi (Väylä 2020, s. 7, 43).

Janne Ruuskanen kirjoittaa opinnäytetyössään sitä, kuinka Valtatie 6:n Taavetti-Lappeenranta-osuuden perusparannus (TaaLa-hanke) -hankkeessa hyödynnettiin Harja-järjestelmää tierekisterin päivittämiseen kunnossapitoa varten. Hankkeen uudet tietolajit ja rekisteriin vietävät tiedot perustettiin paikkatietoon sidottuna tierekisterin sisälle, lisäksi kohteen metatiedot tuli kirjata ylös. Näitä tietoja voi olla esimerkiksi tienvarsirummun sijainti, materiaali, pituus, syvyys ja aukkokoko. Hankkeessa havaittiin, että nämä tiedot olisi mahdollista kirjata suoraan tietomallin toteumamallista, mutta kirjaaminen tapahtui manuaalisesti sekä tiedostot tuli muuttaa rekisterille sopivaan muotoon. Janne Ruuskanen kirjoittaa, että tietojen tuominen tietomalleista kunnossapidon käyttöön on mahdollista ja sitä pystyy myös automatisoimaan, mutta taustatyö tietojen automaattiselle viemiselle on erittäin aikaa vievää. Tiedot pitää manuaalisesti muuttaa oikeaan tiedostomuotoon sekä tiedoston tiedot tulee olla koottuna tietynlaisessa järjestyksessä, jotta rekisteri voi tietoa ymmärtää. Ruuskanen kirjoittaa, että vaikka tietojen vieminen voidaankin automatisoida, automaattiseksi tai sujuvaksi toimenpidettä ei voida kutsua. Kuvassa 7 esitetään Janne Ruuskasen opinnäytetyön tutkimuksen aikana löydetty toimintaperiaate, jonka avulla tietomallista saatiin siirrettyä tiedot tierekisteriin. Siirretyt tiedot ovat päivitettävissä Harja-järjestelmän kautta. (Ruuskanen 2019, s. 14-23)



Kuva 7. Aineiston siirto toteumamallista tierekisteriin. (Ruuskanen 2019, s. 21)

Janne Ruuskanen kertoo opinnäytetyössään, kuinka toimi Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen 360-pilotti hankkeen projektipäällikkönä. Pilotti suoritettiin vuonna 2018 ja pilotin tarkoituksena oli kuvata kaikki kaakkois-Suomen valtion tiet 360-asteisina kuvina ja viedä kuva-aineisto pilvipalvelimiin. 360-asteisten kuvien ansiosta kunnossapitäjä saisi ajantasaisen tiedon väylän kunnosta menemättä maastoon. Tällä tavoin 360-asteiset kuvat tuovat merkittävän edun kunnossapidon suunnittelun toteuttamiselle. Kuvauksen aikana käytettiin GPS-satelliittipaikannusta liittämään kuvat tarkkaan paikkatietoon. 360-kuvia voidaan kunnossapidossa hyödyntää muun muassa tarkastuksissa, yleisessä tilannekuvassa, laadunvalvonnassa, työmaavalvonnassa ja suunnittelussa. Esimerkiksi viherhoito, kuivatus ja päällysteen kunto ovat asioita joita 360-kuvista pystyi hyvin arvioimaan. Tietomallintamisen kannalta 360-kuvat toimivat myös hyvinä lähtötietoina tiesuunnittelun alkuvaiheisiin. Toisaalta 360-kuvista puuttuu mahdollisuus mittaamiseen sekä mittaustietojen analysointiin. (Ruuskanen 2019, s. 23-33)

Janne Ruuskanen kirjoittaa opinnäytetyössään, kuinka Kaakkois-Suomen ELY-keskus teetti keväällä 2019 kehityshankkeen, missä testattiin mobiilikeilauksen mahdollisuuksia parannetun tien mallintamisessa. Mobiilikeilatusta väylästä voidaan tuottaa malli, jota

voidaan käsitellä samalla tavalla kuin rakennushankkeen tietomallia. Ainoa ero on se, että mobiilikeilatulla aineistolla on mahdollisuus kuvata ainoastaan väylän pintarakenteita. Mobiilikeilatun aineiston hyöty ilmautuu aineiston mitattavuudessa ja analysoitavuudessa. Keilatusta väylästä voidaan ottaa mistä kohtaa tahansa poikkileikkauspiste, josta havaitaan tien profiili, kuivatusjärjestelmä sekä liikenneympäristö, kuten metsät ja viheralueet. Mobiilikeilauksen tuottama aineisto voidaan havainnollistaa myös rasterimuodossa, mikä on asemoitu ja pitää sisällään korkeusarvot. Näistä kuvista on mahdollista havaita tien profiili ja kuivatusjärjestelmä sillä tarkkuudella, että kunnossapito voi hyödyntää sitä esimerkiksi ojien syvyyden mittaamisessa. Samassa kehityshankkeessa testattiin drone-lennokilla kuvatun pistepilviaineiston tarkkuutta. Kuvapistepilvi-menetelmällä oli mahdollisuus havainnollistaa malli, josta voitiin poimia poikkileikkauspiste. Kuvapistepilvi-menetelmällä poimittu poikkileikkauspiste ei ollut niin tarkka kuin mobiilikeilauksen mallista tuotetulla poikkileikkauksella, mutta sillä oli käyttöä kunnossapidon pienempiin kunnossapitokohteiden toimenpiteisiin. Mobiilikeilattu aineisto tai kuvapistepilvi -tyylillä kuvattu aineisto ei ollut mahdollista viedä sellaisenaan tierekisteriin ja sieltä kunnossapidon hyödynnettäväksi, mutta sen avulla voitiin tehdä ratkaisuja kunnossapidon toimenpiteitä varten erillisenä kokonaisuutena. (Ruuskanen 2019, s. 33-36)

### **1.3 Tietomallintaminen raitioteiden suunnittelussa, rakentamisessa ja kunnossapidossa – nykytilan kuvaus**

Raitioteiden suunnittelu- ja rakennushankkeet ovat usein kooltaan suuria ja monipuolisia, joten ne usein toteutetaan allianssimallisesti. Allianssimallilla tarkoitetaan hankkeen toteutusmuotoa, missä hankkeen eri osapuolet, kuten tilaaja, toteuttajat, rakentajat ja suunnittelijat solmivat yhteisen sopimuksen ja muodostavat Allianssin (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013, s. 57). Esimerkiksi Tampereen raitiotien ratainfra ja varikko sekä Helsingissä Raide-Jokeri toteutetaan allianssimallisesti (Raitiotieallianssi 2020b; Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 14). Tampereen raitiotien kunnossapidosta vastaa raitiotien kunnossapitoallianssi. Allianssin tehtäviin kuuluu huolehtia kunnossapidosta raitiotien osan 1 (keskusta-Hervanta-Tays) rakentamisvaiheen ja kaupallisen koeliikenteen aikana sekä liikennöinnin käynnistyttyä vuonna 2021. Myös osan 2 (keskusta-Lentävänniemi) rakentamispäätöksen perusteella, se tullaan liittämään kunnossapitoallianssin sopimuksen piiriin. Tampereen raitiotien normaalin

kunnossapidon lisäksi kunnossapidon sopimukseen sisältyy sähkönsyöttöasemien ja varikon piha-alueiden kunnossapito, raitiotien talvikunnossapito sekä kunnossapidon päivystystoiminta. (Raitiotieallianssi 2020a)

Tietomallintamista hyödynnetään raitioteiden suunnittelussa ja rakentamisessa samalla tapaa kuin tiehankkeissa. Yleiset inframallivaatimukset (YIV 2019) -ohjeet toimivat lähtökohtana hankkeessa noudatettaville käytännöille, sekä tiedonsiirto tapahtuu ohjelmistoriippumattomasti, avoimia tiedonsiirtoformaatteja, kuten Inframodel 4, Inframodel 3, IFC sekä 3D DWG hyödyntäen. (Haukka ym. 2016, s. 45) Esimerkiksi Tampereen raitiotieallianssihanke katu- ja raitiotiesuunnittelu tapahtuu tietomallipohjaisesti hyödyntäen Quadri-tietomallipalvelinta (Civilpoint Oy 2020). Myös Helsingissä Raide-Jokerin suunnittelu ja rakentaminen toteutetaan tietomallipohjaisesti. Hankkeen yhteisenä suunnittelujärjestelmänä käytetään Novapoint-suunnittelujärjestelmää ja yhteisenä tietomallipalvelimenä Quadri-tietomallipalvelinta. Raide-Jokerissa laadittiin eri osapuolten yhteistyönä tietomalliohje, jonka mukaan määritetään mallinnuksen tarkkuus sekä tiedon kulku suunnittelusta tuotannolle (Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 55). Raide-Jokeria varten kehitetty tietomalliohje ja yhteinen tietomallipalvelin mahdollistaa massiivisen ja moniosaisen suunnitteluhankkeen eri suunnitteluratkaisujen ja rakenteiden välisen yhteensovituksen, sekä virheiden ja rakenteiden välisien törmäyksien huomaamisen ajoissa. Usean eri tekniikkalajin yhteensovituksen avulla voidaan yhdenmukaistaa hankkeen suunnitteluprosessia ja tällä tavoin vähentää resurssihukkaa ja säästää kustannuksissa. (Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 55) Myös riskien hallinta paranee tietomallinnuksen avulla, kun riskitiedon kulku eri osapuolten välillä helpottuu sekä hankalien suunnittelu- ja toteutusalueiden havainnointi paranee (Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 43). Samalla tavoin kuin tietäi katuverkon hankkeissa, joissa tietomallipohjainen suunnittelu tuottaa toteutusvaiheessa hyödynnettävää koneohjaukseen tarvittavaa aineistoa, myös raitioteiden tietomallipohjaisissa hankkeissa tuotetaan koneohjaukselle hyödyllisiä toteutusmalleja. Suuret raitiotiehankkeet ovat hyviä referenssikohteita tietomallinnuksen näkökulmasta. Samalla kun projektille on luotu omia mallinnusohjeita, on mahdollisuus edistää tietomallinnuksen alan yleistä kehitystä ja sen avulla tietomallipohjaista projektiosaamista on mahdollista kasvattaa. Suuressa raitiotiehankkeessa kehitettyjä toimintamalleja on mahdollista jatkohyödyntää muissa tietomallipohjaisissa hankkeissa. (Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 55)

Raitiotiehankkeen suunnittelu kattaa kokonaisuudessaan monipuolisesti eri tekniikka-alojen suunnitteluperusteita. Raitiotien suunnittelussa suunnittelukohteina voi toimia muun muassa: liikennetekniset asiat, pysäkit, ratageometria, päällysrakenteet, perustaminen, viherrakentaminen, tunnelirakentaminen, ratasähköistykset ja mahdolliset taitorakenteet kuten sillat. Usean eri tekniikka-alan suunnitteluperusteiden takia suunnittelussa on tärkeä seurata suunnittelun standardivaatimuksia tai hankkeelle kirjattuja omia suunnitteluohjeistuksia. Suunnitteluohjeiden noudattaminen mahdollistaa helpomman jatkosuunnittelun ja myöhemmässä vaiheessa tuo kunnossapidolle huoltovarmuutta. Kunnossapidon toiminta paranee, kun suunnittelukohteiden ja rakenteiden materiaalien laatu- ja toimivuusominaisuudet ovat tarkasti määritelty ja kirjattu. (Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 54) Kuten HKL:n (Helsingin kaupungin liikelaite) laatimassa Raitioteiden suunnitteluohjeessa (2018) on mainittu, kuinka raitiotien kiskoja liian pienet kaarresäteet lisäävät kiskoja ja pyörien kulumista. Pyörien ja kiskoja kulumisen lisää kunnossapidon tarvetta. Ohjeistuksessa on annettu suositeltavat kaarresäteet ja siirtymäkaariaja pituudet suunnitellun ajonopeuden mukaan, jotta kiskoja ja pyörien kulumisen vähentyisi. (HKL 2018, s. 14)

Allianssimallisen hankkeen perusteisiin kuuluu organisaation henkilöstön työskentely yhteisessä toimitilassa. Yhteisestä toimitilasta käytetään nimitystä Big Room. Esimerkiksi Raide-Jokerin Big Roomissa työskentelevät tilaajat ja usean eri suunnitteluorganisaation suunnittelijat sekä urakoitsijan edustajat samassa toimitilassa. Yhteisen toimitilan ansiosta tiedon kulku tehostuu, yhteiset toiminta- ja suunnittelumenetelmät vahvistuvat ja ongelmiin saadaan nopeasti ratkaisuja. (Raide-Jokeri 2018)

Suuressa raitiotiehankkeessa yhteinen dokumenttienhallinta on tärkeää. Raide-Jokeri -allianssihankeessa yhteisenä dokumenttienhallintajärjestelmänä käytetään suomalaista M-Files -tiedonhallintajärjestelmää. M-Filesin tiedonhallintaratkaisut perustuvat aineiston metatietojen hyödyntämiseen. Metatietopohjainen tiedonhallintaratkaisu tarkoittaa sitä, että tietoa ei luokitella järjestelmässä perinteisen kansiohierarkian perusteella. Sen sijaan tieto luokitellaan tiedoston metatietosisällön perusteella. M-Files toimii koko Raide-Jokeri -allianssihankeessa yhteisenä dokumentinhallintajärjestelmänä. Sen avulla tieto on tarjolla avoimesti toimijalta toiselle ja tiedon kulku tapahtuu saumattomasti. M-Filesia voidaan hyödyntää perinteisen dokumenttipankin lisäksi myös projektin johdon tukena muun muassa päätösten ja laatuaineiston seurannassa. M-Files

tiedonhallintajärjestelmän etusivulle on myös mahdollisuus luoda päivitettävä näkymä, mihin voidaan sijoittaa tärkeimmät ajankohtaiset asiat sekä linkit keskeisiin dokumentteihin ja järjestelmiin. (Raide-Jokeri -allianssihanke 2020, s. 41)

Tampereen raitiotiehankkeen rakentamisessa hyödynnetään tietomallipohjaisen suunnittelun perusteella luotuja toteutusmalleja koneohjauksessa. Hankkeessa suunnittelijan laatimat toteutusmallit viedään aluksi hankkeen yhteiseen projektipankkiin, josta mittaushenkilö ottaa aineistot omaan tarkastukseensa. Aineistot siirretään tarkastuksen jälkeen pilvipalvelupohjaiseen tiedonhallintajärjestelmään, joka synkronoi aineistot automaattisesti työkonien 3D-koneohjausjärjestelmään. Jos työmaalla syntyy muutoksia toteutusratkaisuihin, niin mallinnusohjelmistojen avulla mittaaaja voi muokata saatuja toteutusmalleja uusien ratkaisujen mukaisiksi ja päivittää saumattomasti uusimmat versiot pilvipalveluun koneohjaukselle. Mittaajan on myös mahdollista seurata koneohjatun työmaan etenemistä reaaliajassa ohjelmistojensa avulla, ja siksi ongelmatilanteiden ja poikkeuksien ilmentyessä, niihin pystytään reagoimaan välittömästi. (Novatron Oy 2017)

Tampereen raitiotiehankkeen rakentamista varten on kehitetty suomalaisen koneohjaamisen ratkaisuja kehittävän Novatron Oy:n tietomalliasiantuntijoiden avustuksella mittausohjeistuksia ja tiedonhallintajärjestelmän kansiorakenteita. Hankkeen alussa tietomalliasiantuntijoiden avustuksella työmaan toimijat koulutettiin hyödyntämään mallinnusta rakentamisessa, ja hankkeen edetessä tietomalliasiantuntijat avustivat urakan lopussa tilaajalle luovutettavan aineiston, toteumamalliaineiston, määrittelyssä. (Novatron Oy 2017)

Raitiotien kunnossapito koostuu useasta osakokonaisuudesta. Raitiotien kunnossapidettäviin rakenteisiin kuuluu muun muassa: raitiotien päällysrakenteet, kiskot, pysäkkialueet, vaihteet, radan varusteet ja laitteet, radan ohjaus- ja turvalaitejärjestelmät, radan merkit, ratajohdot, sähkönsyöttöasemat, raitiotieradan pylvää, taitorakenteet sekä varikkoalueen kunnossapito. (Puttonen 2019, s.7) Raitotien säännöllisiä kunnossapitotoimenpiteitä ovat:

- Radan puhtaanapito, kuten harjaus ja auraus sekä polanteiden poisto ja huurteen poisto ajolangasta talvella, niitto ja vesakon raivaus kesällä, kiskouran puhdistus ja harjaus ympäri vuoden.

- Vaihteiden puhdistus ja voitelu.
- Kaarteiden voitelujärjestelmän kunnossapito ja muiden kaarteiden voitelu.
- Kiskojen ylläpitohionta ja kiskojen kunnossapito kuten hitsaus, kiinnitysten tarkastus ja vaihtaminen.
- Nurmiration kunnossapito
- Radan erikoisrakenteiden kuten tunneleiden telematiikan päivitys, kunnossapito ja testaus.
- Pysäkkien kunnossapito eli puhdistus, rikkoutuneiden kalusteiden vaihtaminen ja liukkauden torjunta.
- Radan viemäröinnin puhtaanapito.
- Opastinlaitteiden ja informaatiolaitteiden puhtaanapito ja huolto.
- Varikon ja varikkoalueen puhtaanapito ja hoito. (Airaksinen ym. 2014, s. 8; Raide-Jokeri 2017, s. 21; Haukka ym. 2016, s. 50)

Raitioteiden hälytystehtävälouhteisesti tehtäviä kunnossapidon toimenpiteitä ja korjauksia ovat:

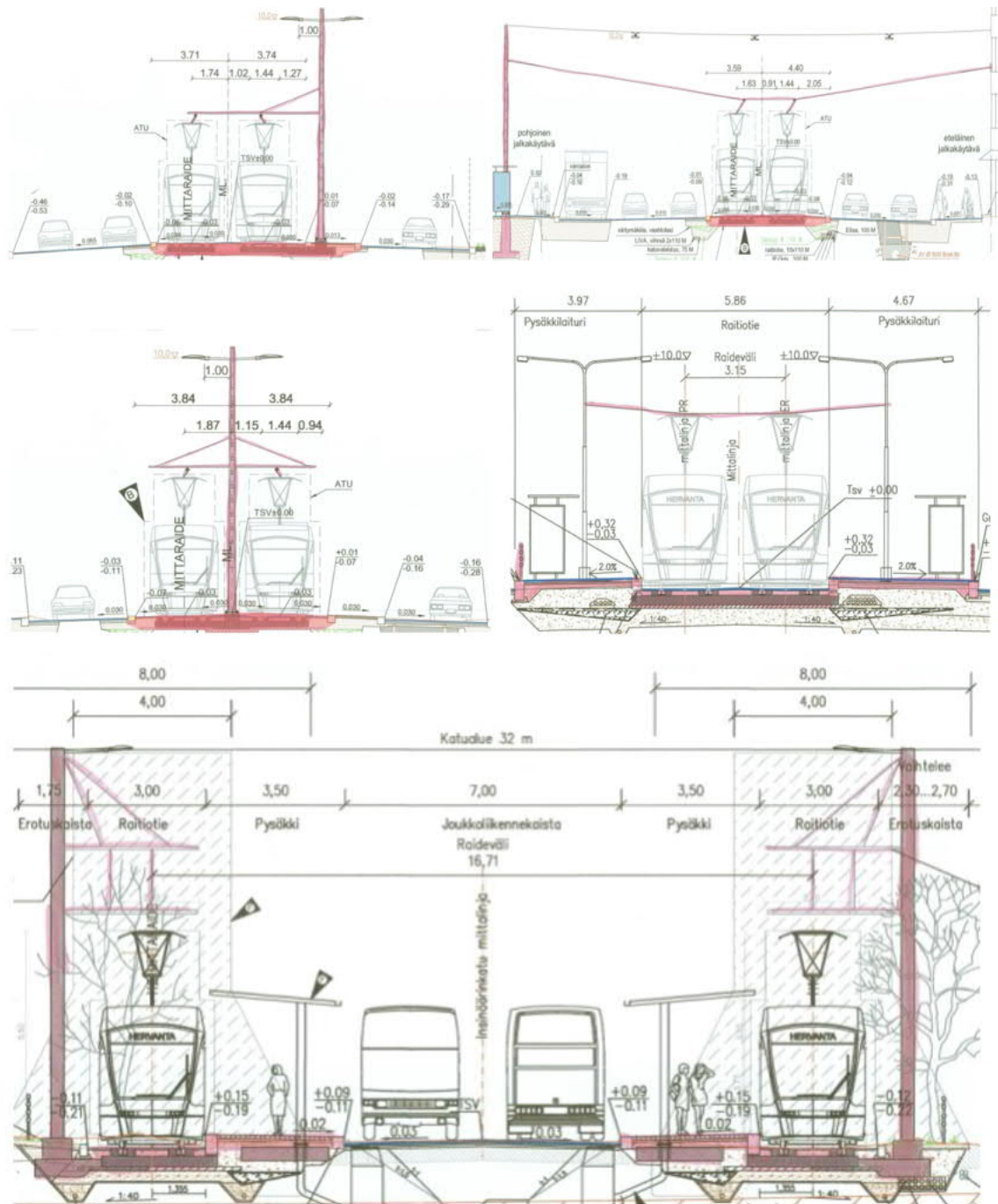
- Ajolangan korjaus.
- Radan raivaus ja liikennettä estävien ja haittaavien esteiden poisto.
- Radan rakenteissa ilmenneiden liikennettä vaarantavien tai liikennettä estävien vaurioiden korjaus, esimerkiksi katkenneen kiskon hitsaus. (Airaksinen ym. 2014, s. 8)

Radan ylläpitävät kunnossapidon tehtävät, kuten puhtaanapito, lumen harjaus ja jäänpoisto, on mahdollista toteuttaa raitiotien normaaleissa aikaikkunoissa usein yöaikaan, koska silloin vuorovälejä liikkuu harvemmin. Varsinkin viikonloppuisin, sillä lauantain ja sunnuntain välisenä yönä huoltoikkunat ovat pidempiä kuin arkisin. Radan korjaavat suuremmat kunnossapidon työt vaativat poikkeusliikenteeseen siirtymisen. (Raide-Jokeri 2017, s. 24, 59)

Raitioteiden kunnossapidossa ei voi hyödyntää rautateiden ja metron kunnossapitokalustoa. Rautateiden ja metron kunnossapitokalusto vaatii enemmän tilaa toimiakseen ja siksi ei mahdu kulkemaan raitiotieraiteilla. (Airaksinen ym. 2014, s.9)



Kuvassa 8 raitiotien kunnossapitotehtävien vastuualueet on esitetty punaisella värillä viidessä raitiotieradan poikkileikkauksessa. Punaisella värillä on esitetty muun muassa kunnossapitovastuualueet, kun raitiotien sähköratapylväs on radan sivussa, kannatinlangan ollessa seinäkiinnikkeellä, sähköratapylvään ollessa keskellä rataa ja kannatinlangan ollessa kiinni valaisinpylväissä. Isoimmassa poikkileikkauksessa esitetään kunnossapitovastuualueet pysäkkialueilla. (Puttonen 2019, Liite 1.)



Kuva 8. Raitiotien kunnossapidon vastuualueita. (Puttonen 2019, Liite 1.)

## 1.4 Tavoite

Työn tavoitteena on raitioteiden tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän kehittäminen.

Tietomallintamista on hyödynnetty infrakohteiden suunnittelussa ja rakentamisessa useiden vuosien ajan, ja tietomallien tarjoamia hyötyjä on valjastettu tilaajan työnaikaiseen havainnointiin, kustannuslaskentaa, eri tekniikkalajien yhdistelemiseen ja yleiseen 3D-mallien tuomaan havainnointiin esimerkiksi viestinnän tukena. Sen sijaan tietomallintamisen hyödyntäminen kunnossapitovaiheessa, etenkin raitioteiden kunnossapitovaiheessa, on vähän tutkittu aihe, ja siksi tämän työn tavoitteena on selvittää tietomallinnuksen hyödyntämisen edellytyksiä, haasteita ja mahdollisuuksia kunnossapidon näkökulmasta.

Samanaikaisesti tavoitteena on selvittää, kuinka kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset saadaan esille ja huomioiduksi jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Kunnossapidolle laadittu malliaineisto edellyttää sitä, että kunnossapidon työtehtävissä hyödynnetään tietomallipohjaista aineistoa. Työn tavoitteena on myös selvittää, kuinka kunnossapidossa voidaan hyödyntää tietomallipohjaista aineistoa, ja mitä edellytyksiä se vaatii kunnossapidon henkilöstöltä sekä käytettäviltä tiedonhallintajärjestelmiltä.

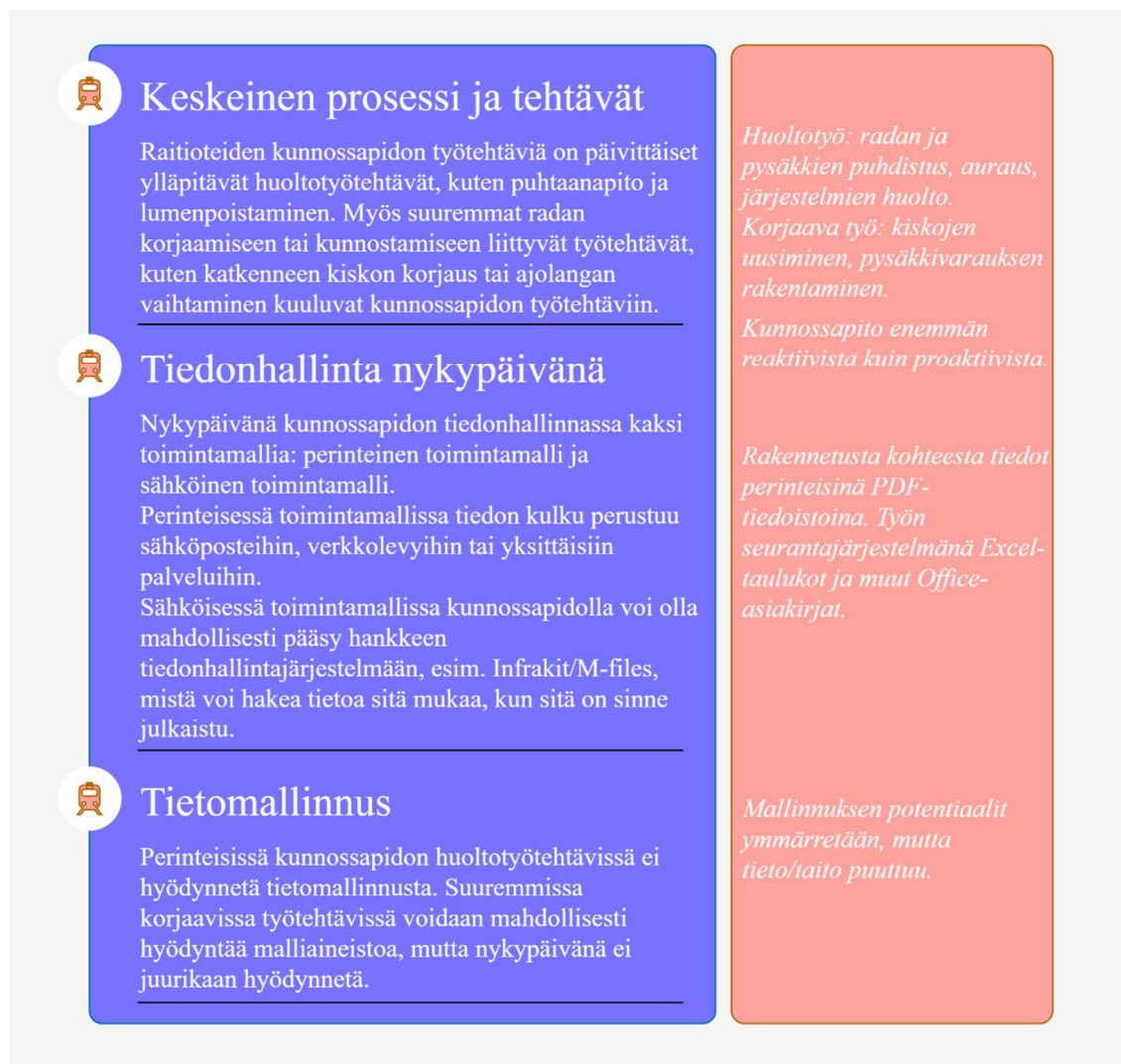
Työn tavoitteena on kehittää tietomallipohjaiseen kunnossapitoon soveltuvat menetelmäkuvaus sekä mahdollisia ohjelmistokehitysehdotuksia.

Raitiotiehankkeen elinkaarikustannusten tarkastelu on tärkeä osa hankkeen vaihtoehtoisten toteutusmuotojen arvioinnissa ja sen takia työssä on tarkoitus selvittää voiko raitioteiden tietomallipohjaisella kunnossapitomenetelmällä vaikuttaa kunnossapidossa syntyviin kustannuksiin.

## 2 RAITIOTEIDEN TIETOMALLIPOHJAISEN KUNNOSSAPITOMENETELMÄN KEHITTÄMINEN

### 2.1 Raitioteiden kunnossapidon nykytila

Seuraavassa kuvassa on kuvattu raitiotien kunnossapidon nykytila. Kappaleet 2.1.1, 2.1.2 sekä 2.1.3 kertovat kunnossapidon nykytilasta laajemmin.



Kuva 9. Raitioteiden kunnossapito nykypäivänä.

Kuvan 9 sekä kappaleiden 2.1.1, 2.1.2 ja 2.1.3 ilmaisevat asiat ja aiheet perustuvat tutkimushaastattelussa ilmenneisiin nykytilaa kuvaaviin asioihin ja teemoihin.

### 2.1.1 Raitioteiden kunnossapidon keskeinen prosessi ja tehtävät

Raitioteiden kunnossapidolla voidaan tarkoittaa useaa eri työtehtävää. Raitioteiden kunnossapidon keskeisiin prosesseihin kuuluu päivittäiset ylläpitävät huoltotyötehtävät, kuten puhtaanapito ja lumenpoistaminen sekä suuremmat radan korjaamiseen tai kunnostamiseen liittyvät työtehtävät, kuten katkenneen kiskon korjaus tai ajolangan vaihtaminen. Raitioteiden kunnossapitotehtävistä vastaa usein kunnossapidon tehtäviin valittu liikelaitos tai yhtiö, kuten Helsingin raitioteiden kunnossapidosta vastaava HKL tai Tampereen raitotien kunnossapitoallianssin palveluntuottajat YIT sekä NRC Group. Kunnossapidon työtehtävät voivat olla reaktiivisia, eli työtä tehdään, kun havaitaan parannustarve, tai proaktiivisia, eli mittausten ja tarkastelujen perusteella päätetään kunnossapidon työtehtävä.

Tutkimuksessa tehdyissä haastatteluissa selvisi, että Tampereen raitiotiehankkeessa huomioidaan kunnossapidon toiveet ja kommentit suunnitteluvaiheessa. Tampereen raitiotieallianssiin on otettu kunnossapito mukaan, ja raitiotiehankkeen osan 2 suunnittelua varten on kehitetty suunnitteluperusteet, jotka ovat hyväksytty kunnossapidon kanssa. Näiden suunnitteluperusteiden laatimisen ja hyväksymisen jälkeen on aloitettu raitotien osan 2 suunnittelu. Suunnittelun edetessä on järjestetty välietappeja, missä ajantasaisimman suunnitelmat ovat käyty läpi kunnossapitäjien kanssa, varmistaen sen, onko suunnitelmat mahdollisia kunnossapidon kannalta. Kunnossapitäjien kommentit suunnitelmiin huomioidaan, ja nykyisiä suunnitelmia muutetaan niiden perusteella. Tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että kunnossapidolta vaaditaan tiettyä osaamista suunnittelutietojen ymmärtämisessä ja tarkastamisessa. Jos kunnossapito ei ymmärrä suunnitelmia, niin suunnitelmien läpikäymiseen on otettu suunnittelija ohjeistamaan suunnitelmien tulkinnassa. Raitiotiehankkeessa, missä kunnossapito on allianssimallisesti toteutettu ja sisällytetty kokonaishankkeeseen, on esimerkiksi kunnossapidon päälliköllä tehtävänä kommentoida ja tarkastella jo rakennettuja rakenteita ja seuraavan vaiheen suunnitelmia suunnittelijoiden kanssa. Kunnossapidon päällikön kommentoinnin ja tarkastelun tarkoituksena on esittää mitä olisi tarpeellista muuttaa tai minkälaista tietoa kunnossapito tarvitsisi, jos kunnossapidosta on huomattu uusia tarpeita. Sekä mistä löytyy ajantasaisin tieto nykyisestä rakenteesta.

Helsingin raitioteiden suunnittelu- ja rakennushankkeissa hyödynnetään HKL:n avustuksella laadittuja suunnitteluperusteita. Suunnitteluperusteiden avulla voidaan

varmistaa kunnossapidon mahdollisuus työskentelyyn ja ylläpitotehtäviin raitiotieradalla ja sen ympäristössä. Suunnittelua ohjaavat suunnitteluperusteet täytyvät olla ajan tasalla ja hyväksytty kunnossapidon kannalta. Jos hankkeen suunnitteluperusteet eivät ole oikein kunnossapidon kannalta, suunnitelmat ovat kautta linjan virheellisiä. Rakennusvaiheessa tai rakennusvaiheen jälkeen havaittujen ongelmakohtien muutokset aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia ja ajanhukkaa hankkeelle.

Kunnossapidon suurimpia kustannuseriä ovat talvikunnossapito sekä hälytystehtäväluonteisesti suoritettavat korjaustoimenpiteet, kuten katkenneen kiskon hitsaaminen tai radan raivaaminen. Päivittäiset ylläpitävät kunnossapidon työtehtävät ovat selkeästi ennakoitavissa ja niiden aiheuttamat kustannukset on helppo arvioida. Päivittäisen kunnossapidon toimintaa ylläpidetään kunnossapidon tarpeen vaatimuksia huomioon ottamattakin, eli kiskojen ja pysäkkialueiden puhtaanapito suoritetaan, vaikka tarvetta ei kyseisellä pysäkillä olisikaan. Isommat korjaavat kunnossapidon työtehtävät ovat ilman mittaamista ja havainnointia harvemmin ennakoitavissa, ja korjaustilanteessa vaativat usein meneillään olevan raitiotietoiminnan keskeyttämisen. Sen takia suuremmat kunnossapidon työtehtävät ovat herkempiä kuluttamaan resursseja ja saattavat luoda raitiotietoiminnan hetkellisesti suunnittele mattomaksi. Raitiotieliikennettä ei voi ohjata kunnossapitotehtävien aikaiselle kiertotiireitille kuten normaalin autoliikenteen.

### **2.1.2 Raitioteiden kunnossapidon tiedonhallinta**

Raitioteiden kunnossapidon tiedonhallinnassa tieto ei tällä hetkellä ole keskitetty yhtenäisesti tiettyyn paikkaan. Tieto on sen sijaan jakautunut usealle eri alustalle, ja sen takia tiedonhallinta voi kokonaisuudessaan olla hankalaa ja resursseja kuluttavaa. Raitiotiehanke kunnossapidon hyödyntämää tietoa ovat muun muassa: hankkeen suunnitteluajaiset suunnitelma- ja malliaineistot, rakennetusta kohteesta laaditut toteuma-aineistot sekä laitteiden ja järjestelmien ominaisuustiedot. Suunnittelun suunnitelma- ja malliaineistot laaditaan perinteisesti rakentajien ehdoilla, sillä urakoinnin toimesta usein määritellään, mitä malliaineistoa kyseisellä työmaalla tarvitaan. Kunnossapidon kannalta tärkeät materiaalitiedot ovat ilmoitettu laatudokumenteissa, tyyppipoikkileikkauksissa ja muissa materiaaliaineistoissa. Tietomalliaineisto on enemmänkin käytössä kertomaan viivamallin ja pintamallin käyttötarkoituksen.

Tiedonhallinta on jakautunut kahteen toimintamalliin: perinteiseen toimintamalliin ja sähköiseen toimintamalliin. Perinteisessä toimintamallissa tiedonhallinta perustuu

henkilökohtaisiin sähköposteihin, verkkolevyihin ja yksittäisiin palveluihin, jotka palvelevat pelkästään suunnittelua, rakentamista tai kunnossapitoa. Perinteisessä mallissa tiedon jakaminen on rajoittunutta. Sähköisessä toimintamallissa hyödynnetään palvelualustaa, jonka avulla tiedon jakaminen tapahtuu helpommin ja vapaammin. Sähköisessä toimintamallissa kaikki ohjelmistot toimivat tietyn palvelualustan kautta, ja tiedon jakaminen tapahtuu palvelualustan avulla. Tiedon jakaminen sähköisesti lisää sähköisten käyttöliittymien määrää, mikä tarkoittaa sitä, että kyseinen käyttöliittymä täytyy löytyä hankkeen kaikilla osapuolilla.

Kunnossapidolla voi olla käytössä kunnossapitojärjestelmä, jota käytetään kunnossapidon työtehtävien raportointijärjestelmänä sekä tiedonhallinnan järjestelmänä. Resurssipohjainen kunnossapitojärjestelmä on selkeä väline kunnossapidon työtehtävien apuna. Kunnossapidon työtehtäviä voidaan seurata ja kirjata myös siihen tarkoitettuun työn seurantajärjestelmään. Työn seurantajärjestelmään kerätään tieto kunnossapidon työkoneiden liikkeistä ja niiden tekemä työsuorite kirjataan järjestelmään ylös. Kunnossapidon työkoneiden sijainti on myös mahdollista kirjata karttapohjalle, mistä voidaan tarkkailla missä ja milloin työkoneilla on liikuttu, mitä työtehtäviä on tehty ja mitä pitäisi tehdä lähiviikkojen aikana. Näiden järjestelmien tukena kunnossapidolla on usein käytössä myös perinteiset Excel-pohjaiset taulukot ja fyysiset tussitaulut, joihin on merkattu kunnossapidon työtehtäviä. Kunnossapitojärjestelmän tietojen tarkkailuun ja käsittelyyn on oikeudet palveluntuottajilla, työn johtajilla, mestareilla sekä tilaajilla.

Kunnossapitotehtävistä säilytettävät tiedot vaihtelevat kunnossapitotehtävien mukaan. Ylläpitävistä kunnossapidon työtehtävistä ei säilytetä paljoa tietoa, mutta esimerkiksi kiskojen vaihdoista tai vaihteen vaihdoista eli työtehtävistä, missä vanhoja rakenteita uusitaan, säilytetään tietoa tarkemmin.

Hankkeen muoto ja koko määrittelevät sen, onko hankkeella käytössä oma omaisuudenhallintajärjestelmä, vai onko hanke osana suurempaa esimerkiksi kaupungin omaa omaisuudenhallintajärjestelmää. Pienissä hankkeissa ei ole tarkoituksen mukaista perustaa omaa omaisuudenhallintajärjestelmää.

### 2.1.3 Raitioteiden kunnossapito – tiedonhallinnan ongelmakohdat

Suunnitelma- ja malliaineisto tehdään rakentamisen ehdoilla, ja sen takia suunnitelma- ja malliaineiston tiedonkulku saattaa pysähtyä rakentamisvaiheeseen. Kunnossapidon kannalta oleellinen tieto jää lisäämättä suunnitelma- ja malliaineistoon, mikäli rakentamisvaiheessa aineistoa käsittelevä mittaushenkilö ei kyseistä tietoa tarvitse. Rakentamisvaiheen jälkeen luotu toteuma-aineisto saattaa olla sisällöltään köyhempää kuin rakentamisvaihetta varten luotu suunnitelma-aineisto, sillä toteumamittausten perusteella luodut aineistot eivät välttämättä sisällä yhtä paljon tietoa kuin suunnitelma-aineistot. Tiedonhallinta toimii suunnittelijoilta rakentajille, mutta rakentajilta kunnossapidolle saattaa syntyä epävarmuustekijöitä.

Kunnossapidon työtehtävien ennakkoinnin kannalta saatavilla oleva tieto tulisi olla ajantasaista ja paikkaansa pitävää, jonka perusteella kunnossapidon toimintaa pitäisi suunnitella. Raitiotien ylläpitävistä kunnossapidon työtehtävistä, esimerkiksi kuinka paljon talvella on aurattu, ei välttämättä kirjata suoritettua mihinkään. Kunnossapidolla voi olla käytössä huoltokirja, mikä perustuu työtehtävien kuittaamiseen, ei työtehtävien suoritettua kirjaukseen. Tieto on tilastopohjaista rekisteritietoa.

Kunnossapidon kannalta tiedonhallinnan ongelma on suunnitelmatietojen ja muiden tietojen revisiohistorian saatavuus. Revisiohistorioiden avulla on mahdollista selvittää, kuinka jokin kohde on alun perin rakennettu, jos kyseistä rakennetta on päätetty jälkikäteen muuttaa. Suunnitelmatietojen revisioiden alle voi hukkua kunnossapidon kannalta olennaista tietoa.

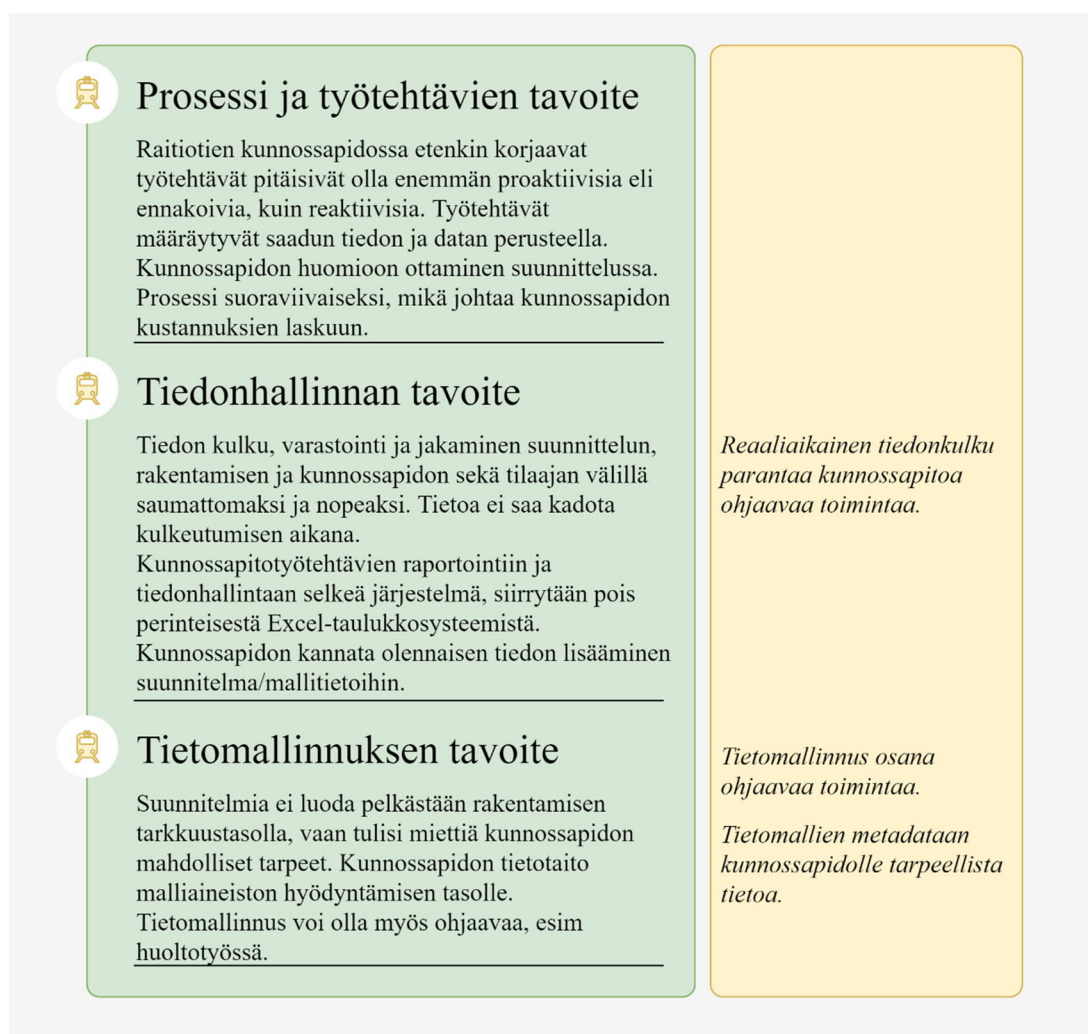
Nykytilassa kunnossapidon kannalta oleellinen paikkatieto ja ominaisuustieto voi olla hajautettuna useaan eri järjestelmään, joten selkeän aineiston kerääminen kunnossapidon työtehtävien suunnittelua varten on resursseja ja aikaa kuluttavaa, verrattuna siihen, että kaikki tarvittava tieto löytyisi yhdestä järjestelmästä.

Kaikessa tiedonhallinnassa tarkoituksena on kuitenkin se, että mitään tietoa ei jää tallentamatta mihinkään, mutta usein se ei toteudu. Toisaalta tieto ei saa olla turhaa, ettei tiedon määrä kasva tarpeettoman suureksi. Liika tiedon määrä voi aiheuttaa sen, että tarvittavan tiedon seulominen turhan tiedon seasta kuluttaa resursseja ja aikaa.

## 2.2 Malli raitioteiden tietomallipohjaiseen kunnossapitomenetelmään

Diplomityössä kehitettävällä toimintamallilla koitetaan vastata tutkimushaastatteluissa ilmenneisiin nykytilan ongelmakohtiin. Raitiotien tietomallipohjaista kunnossapitomenetelmää tarkasteltaessa on perehdytty vastaamaan ongelmiin monelta eri näkökulmalta. Tavoite on vastata kunnossapidon tiedonhallinnan, työn tehokkuuden ja kustannuksien ongelmakohtiin.

Kuvassa 10 esitetään asioita, joita tulisi saavuttaa diplomityössä kehitettävällä toimintamallilla. Kuvan tavoitteen on jaettu kunnossapidon prosessien ja työtehtävien, tiedonhallinnan sekä tietomallinnuksen ongelmien ratkaisujen tavoitteisiin.



Kuva 10. Raitioteiden tietomallipohjaisella kunnossapitomenetelmällä saavutettavat tavoitteet.

Kuvassa 10 mainitaan, kuinka raitiotien kunnossapidon työtehtävät saisivat olla enemmän ennakoivia eikä ongelman tapahtumisen jälkeisiä korjaavia tai huoltavia työtehtäviä.



Ongelman syntymisen jälkeiset korjaavat työtehtävät kuluttavat enemmän resursseja, sillä esimerkiksi katkenneen kiskon vaihtaminen tai radan raivaaminen keskeyttää meneillään olevan raitiotieliikenteen ja luo tilanteen hetkellisesti suunnittelemattomaksi.

Kunnossapidon ylläpitäviä työtehtäviä voidaan parantaa kehittämällä kunnossapidon tiedonhallintatapoja. Paranneltu tiedonhallinta voi tarkoittaa muun muassa sitä, että saadaan reaaliajassa tieto ylläpitoa vaativista kohteista, ja sen avulla työtehtäviä voidaan paremmin kohdistaa sitä tarvitseviin kohteisiin. Tähän on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi sijoittamalla kunnossapidon kaluston ohjaamoon näytölle karttatietoa sisältävää malliaineistoa, josta kunnossapitäjä voi havaita kunnossapidettävien kohteiden työn tarpeen. Tällä tavoin voidaan välttyä myös tilanteilta, missä kohde aurataan kahteen kertaan, koska ensimmäisestä aurauksesta ei löydy kirjattua tietoa mistään.

Kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset tulisi huomioida jo raitiotiehankkeen suunnittelussa. Huomioimalla kunnossapidon vaatimukset ja tarpeet suunnitelma-aineistoa laatiessa varmistaa sen, että kunnossapidolla on mahdollista työskennellä rakennetussa kohteessa, ja kohteessa käytetään kunnossapidon kannalta parhaita mahdollisia materiaaleja. Nämä materiaalivalinnat voivat olla muun muassa pitkäkestoisempia sekä helpommin huollettavia. Kunnossapidon huomioiminen suunnittelussa mahdollistaa myös sen, että hankkeessa voidaan laatia kunnossapidon kannalta oleellista tietomalliaineistoa sekä tietomalleihin lisätään kunnossapidon kannalta tarpeellista metadataa. Kunnossapidolle laadittu tietomalliaineisto edellyttää kuitenkin sen, että kunnossapidossa on valmiudet hyödyntää tietomallipohjaista aineistoa ja tietomalliohjelmistoja.

Tietomallien ja sen mahdollistaman tiedonhallinnan avulla syntyvien hyötyjen perusteella voidaan suoraviivaistaa kunnossapidon prosessia ja työtehtäviä. Sen avulla kunnossapidon kokonaiskustannuksia voidaan vähentää, tai kunnossapidon elinkaarikustannuksia voidaan paremmin arvioida. Hankkeen yleisen tiedonhallinnan edistäminen eli tiedon kulkeutumisen, varastoinnin ja jakamisen parantaminen hankkeen kaikkien osapuolien välillä mahdollistaa saumattoman ja selkeän projektitoiminnan hankkeen jokaisella osa-alueella. Tiedon kartoitus ja hakeminen tilanteessa, missä tietoa on pirstaleisesti eri työryhmissä tai järjestelmissä, on hankalaa ja vie resursseja. Tiedonhallinnan kannalta olennaista on myös, että tietoa ei katoa missään vaiheessa.

Kuvassa 11 on esitetty diplomityössä kehitetty raitiotieiden tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän toimintamalli.



Kuva 11. Tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän toimintamalli.

Tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän toimintamalli alkaa jo hankkeen tarjouspyyntövaiheessa. Hankemallista riippuen, haluaako tilaaja kunnossapidon perinteisenä urakkatyylisenä, vai omana kunnossapitoallianssityylisenä kokonaisuutena, tulee tilaajan esittää kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset raitiotien suunnittelun ja toteutuksen tarjouspyynnön ehdoissa. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tarjouspyynnön ehdoissa mainitaan, että tuotettavat aineistot ovat laadittava siten, että niitä voidaan hyödyntää hankkeen kunnossapitovaiheessa.

Hankkeen käynnistysvaiheessa laaditaan tietomallisuunnitelma tilaajan ja suunnittelun toimesta. Perinteisesti tietomallisuunnitelman laatii suunnittelukonsulttiyritys ja tilaaja kommentoi ja hyväksyy sen, mutta raitiotiehankeet ovat isoja ja saattavat sisältää useita suunnittelun palveluntuottajia, jolloin tilaajan voi olla tarkoituksenmukaista laatia itse tietomallisuunnitelma. Toimintamallin mukaan tietomallisuunnitelmaan tulee ottaa kunnossapito mukaan, tai vähintään huomioida kunnossapidon tietomalliaineistoa koskevat tarpeet ja vaatimukset. Mikäli kunnossapito on osa hanketta tietomallisuunnitelman luonnin aikana, niin tilaaja voi lisätä kunnossapidon edustajia kommentoimaan olisiko heidän kannalta oleellista lisättävää tietomalliaineistoa sekä tiedonhallintaa koskeviin vaatimuksiin.

Toimintamallin mukaan raitiotiehankkeen suunnittelua ohjaavat suunnitteluperusteet tulisi hyväksyttää kunnossapidon kanssa. Raitiotiehankeessa suunnittelukohteina on useita eri tekniikka-aloja ja jokaisella tekniikka-alalla suunnittelua ohjaavat suunnitteluperusteet. Kunnossapidon hyväksymät suunnitteluperusteet varmistavat raitiotien kunnossapidon huoltovarmuuden ja kunnossapitotyötehtävien onnistumisen radalla ja sen ympäristössä. Hankkeen tilaajalla on mahdollisuus edellyttää suunnittelua ohjaavien suunnitteluperusteiden hyväksyttäminen kunnossapidon kanssa, mikäli kunnossapito on mukana hankkeen alusta asti.

Tilaajan tulee osallistaa kunnossapito mukaan suunnitteluvaiheeseen. Kunnossapito osallistetaan suunnitteluvaiheessa järjestämällä kokouksia, missä käydään läpi suunnittelun laatimia suunnitelmia. Kunnossapito voi kommentoida suunnitelmia ja tuoda esille omia näkemyksiään, joiden avulla voidaan tehostaa kunnossapitoa suunnittelualueilla. Tarkoituksena olisi, että suunnittelu etenee vasta kun kunnossapito on hyväksynyt suunnitelmat.

Tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmä edellyttää optimaalisesti toimiakseen yhteistä tiedonhallintajärjestelmää. Yhteisen tiedonhallintajärjestelmän avulla voidaan varmistaa tiedon kulku hankkeen koko elinkaaren ajalle suunnittelusta kunnossapitoon. Tarkoituksena olisi, että kunnossapidon ei enää tarvitsisi laatia omia lähtötietomittauksia, mikäli kyseiset mittaukset on jo laadittu suunnitteluvaiheessa. Tällöin vältetään turhalta työltä, ja kunnossapito voi suoraan hyödyntää aikaisemmin laadittuja tietoja. Yhteinen tiedonhallintajärjestelmä edesauttaa sähköisen tiedonhallinnan menetelmää, missä siirrytään pois perinteisistä siiloutuneista tiedonhallintamenetelmistä kohti avointa tiedonhallintaa.

Kunnossapitotyötehtävien helpottamiseksi tulisi suosia sähköistä huoltokirjamenetelmää. Sähköinen huoltokirjan sisältämät ajantasaset rekisteritiedot, tuotetiedon ja huolto-ohjeet raitiotien laitteista, rakenteista ja kohteista mahdollistavat kunnossapidon työtehtävien ohjaamisen ennakoivasti eli proaktiivisesti. Raitioteiden tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän toimintamallin mukaan sähköinen huoltokirja tulisi laatia hankkeen suunnitteluvaiheessa ja sen edetessä. Jotta sähköinen huoltokirja voidaan toteuttaa, pitää raitiotiehankkeen suunnitelma-aineistot sisältää yksilölliset tunnistetiedot kaikille laitteille, rakenteille ja kohteille. Yksilölliset tunnistetiedot selkeyttävät tiedonhallintaa ja nopeuttavat tiedon löytämistä. Tarkoituksena on laatia sähköinen huoltokirja yksilöllisten tunnistetietojen taakse, jolloin kunnossapito voi nopeasti selvittää tarvittavat tiedot kunnossapitoon ja huoltoon. Yksilölliset tunnistetiedot seuraavat hanketta sen koko elinkaaren ajan.

Toimintamalli edellyttää ajantasaista tiedonhallintaa koko hankkeen elinkaaren ajalla sekä sähköistä kunnossapitomenetelmää. Kaupallisista järjestelmistä esimerkiksi Assetpoint Oy tarjoaa potentiaalisia tiedonhallinnan ratkaisuja ja järjestelmiä. Assetpoint Oy:n tarjoamat tiedonhallintapalvelut ovat yksi mahdollisuus alalla käyttöönotettavaksi. Assetpoint Oy:n tiedonhallintajärjestelmä perustuu selainkäyttöliittymään. Sähköinen huoltokirjamenetelmä saadaan kytkettyä tiedonhallintajärjestelmään kirjattujen rakenteiden ja kohteiden yksilöllisten tunnistetietojen taakse.

## 2.3 Empiiriset havainnoinnit ja kokeet

### 2.3.1 Haastattelututkimusten suoritus

Tutkimuksessa haastateltiin kunnossapidon ja tietomallipohjaisen suunnittelun asiantuntijoita. Haastattelut suoritettiin puolistrukturoidulla haastattelumenetelmällä. Puolistrukturoidulla haastattelulla tarkoitetaan teemahaastattelua, jossa seurataan ennestään luotua haastattelukysymysrunkoa, mutta aihepiirin vapaa keskustelu on sallittua. Haastattelun kysymykset pysyvät samoina eivätkä vaihdu haastatteluiden välillä tai aikana. Haastateltavat voivat kuitenkin itse tulkita haastattelukysymyksiä omalla tavallaan, jotta voivat vastata kysymykseen henkilökohtaiselta kantilta. Puolistrukturoidussa haastattelussa vastauksia ei ole sidottu vastausvaihtoehtoihin. (Hirsjärvi & Hurme 2008, s. 47) Esimerkiksi kunnossapidon kysymykseen voi vastata tiepuolen kunnossapidon näkökulmasta, vaikka kysymys käsittelee raitiotien kunnossapitoa, jos haastateltavalla on kokemusta vain tiepuolen kunnossapidosta. Puolistrukturoidulle haastattelulle on siis ominaista, että jokin näkökohta on lyöty lukkoon, mutta ei kaikkea (Hirsjärvi & Hurme 2008, s. 47).

Kunnossapidon sekä tietomallipohjaisen suunnittelun asiantuntijoille laadittiin molemmille omat haastattelukysymysrungot. Kunnossapidon kysymysrunko on nähtävissä liitteessä 1 ja tietomallipohjaisen suunnittelun asiantuntijoiden kysymysrunko on nähtävissä liitteessä 2. Kunnossapidon kysymysrungolla oli tarkoitus saada selville kunnossapidon tämänhetkinen tilanne ja kuinka tiedonhallinta näkyy tämän päivän kunnossapidon työtehtävissä. Jatkokysymyksillä selvitettiin, kuinka kunnossapidon tulevaisuuden tarpeet tulisi helpottamaan työn tekoa ja kuinka tiedonhallinnalla voitaisiin saada kunnossapidon kustannuseriä pienennettyä. Haastateltavien kokemuksia oli kunnossapitotehtävissä raitiotiehankkeissa, mutta myös rata- ja väylähankkeissa. Raitiotiehankkeiden kunnossapitotehtävistä vastauksia saatiin yleisten ylläpitävien kunnossapitotehtävien sekä suurempien korjaavien kunnossapitotehtävien näkökulmasta.

Tietomalliasiantuntijoille laadituilla kysymyksillä oli tarkoitus saada selville tietomallinnuksen ja tietomallinnuksen tiedonhallinnan nykytila sekä kuinka kunnossapito näkyy nykypäivän tietomallinnuksessa. Myös tietomallinnuksen tulevaisuuden tavoitteet ja tiedonhallinnan parantaminen olivat haastattelun käsiteltäviä aiheita. Haastattelussa pyrittiin saamaan vastauksia raitiotiehankkeiden näkökulmasta,

mutta jos haastateltavalla ei ollut kokemusta kyseisistä hankkeista, niin vastaukset otettiin muidenkin hankkeiden näkökulmasta.

Haastattelututkimuksen tulokset ovat osoitettu kappaleessa 3.1 sekä 3.2. Ryhmittäin saadut vastaukset ovat koottu teemoihin alaotsikoin.

### **2.3.2 Esimerkkihankkeiden kokemukset tietomallintamisesta ja kunnossapidosta**

Tutkimuksessa vertaillaan nykyisiä raitiotiehankeita, ja miten niiden kunnossapito on otettu huomioon suunnitteluvaiheessa sekä miten tietomallintaminen näkyy kunnossapidon kannalta.

Tutkimuksen esimerkkihankkeita ovat tutkimushaastattelujen perusteella saadut tiedot Kruunusillat-, Raidejokeri- sekä Tampereen ratikka -raitiotiehankeista.

Esimerkkihankkeiden havainnot ovat esitetty kappaleessa 3.3.

### **2.3.3 Teknologiamahdollisuuksien menetelmien selvittäminen**

Tutkimuksessa pohditaan ohjelmistoasiantuntijoiden avustuksella tietomallinnuksen hyödyntämistä kunnossapidon näkökulmasta, ja mitä se tarkoittaisi käytettävien suunnitteluohjelmisto ja työkalujen osalta. Kunnossapidon kannalta olennaisen tiedon lisääminen tietomallipohjaiseen aineistoon sekä tietomallien potentiaalin kartoittaminen kunnossapidon kanssa vaatii yhteistyötä ohjelmistoasiantuntijoiden kanssa.

Raitioteiden tietomallipohjaista kunnossapitomenetelmää varten ei ole luotu ohjeistusta. Sen takia teknologiapainotteinen keskustelu ohjelmistoasiantuntijoiden kanssa luo perustan tutkimuksessa selvitettävälle kunnossapidon mallille.

Tutkimuksessa teknologiaselvitys suoritettiin keskustelemalla Assetpoint Oy:n ohjelmistoasiantuntijoiden kanssa. Assetpoint Oy yhdessä talorakentamisen ohjelmistoja ja asiantuntijapalveluita tarjoavan Buildpoint Oy:n ja infra-alan ohjelmistoja ja asiantuntijapalveluita tarjoavan Civilpoint Oy:n kanssa muodostavat Point Group Oy:n. Point Group Oy on osa kansainvälistä Arkance Systems -konsernia. (Assetpoint Oy 2020)

Teknologiamahdollisuuksien menetelmien selvittämisen vastaukset ovat esitetty kappaleessa 3.4.

## 3 TULOKSET

### 3.1 Kunnossapidon asiantuntijoiden haastattelututkimuksen tulokset

#### 3.1.1 Kunnossapidon tiedonhallinta nykypäivänä

Kunnossapidon asiantuntijat kokivat, että tiedonhallinta on suhteellisen pirstaloitunutta ja moneen osaan hajautettuna nykypäivänä. Jos hankkeessa on käytössä tiedonhallintajärjestelmä tai muu tiedon säilömiseen toimiva järjestelmä, niin kunnossapidon on mahdollista saada tietoa sieltä sitä mukaa, kun tietoa on järjestelmään tallennettu. Tällaista tietoa on esimerkiksi rakentamiselta saatu toteumatieto rakennetusta kohteesta. Toisaalta haastateltavat kokivat, että pelkkä viimeaikaisin suunnitelmätieto ei ole riittävä, vaan rakennetusta kohteesta pitää säilyttää myös historiatiedot. Kunnossapito saa tiedot perinteisessä PDF- tai DWG-muodossa, tai muuna suunnitteluohjelmiston formaattina. Toisinaan saatavissa tiedoissa voi olla tiedostoja muodoissa mitä ei voida käsitellä tai se on köyhtynyt siirtyessään hankkeen sisällä vaiheesta toiseen, esimerkiksi rakennusvaiheesta käyttö- ja kunnossapitovaiheeseen.

Ratamittaukset ja kunnossapitomittaukset tehdään siihen soveltuvalla laitteella, joka mittaa muun muassa kiskon kulumista. Haastateltavat kokivat, että mittatiedot eivät kuitenkaan korvaa silmämääräisesti kerättyä dataa, esimerkiksi kiskon kulumisen mittaaminen ei kerro kiskon läheisyydessä olevien rakenteiden ja pintojen kuntoa.

Ylläpitävissä kunnossapidon tehtävissä tiedonhallinta pohjautuu rekisteripohjaiseen tietoon, mikä saadaan oman havainnoinnin perusteella tai valtion ylläpitämistä rekisteripohjaisista tietokannoista tai mahdollisesti hankkeelle laaditusta omasta tiedonhallintajärjestelmästä. Käytössä on myös työn seurantajärjestelmä. Järjestelmään kerätään tieto työkoneiden liikkeistä ja niiden tekemä työsuorite kirjataan ylös. Tämä tieto voidaan viedä manuaalisesti karttapohjalle, missä kirjattu tieto on esimerkiksi työkoneiden sijaintihistoria, sekä tieto kunnossapidon työtehtävistä nyt ja mitä tulisi tehdä lähiviikkojen aikana. Kirjattava tieto täytyy lisätä manuaalisesti, eikä paikkatieto kirjaudu automaattisesti esimerkiksi GPS-paikantimen avulla. Ylläpitävissä kunnossapidon työtehtävissä käytössä on myös Excel-taulukot sekä tussitaulut, joihin merkataan missä kunnossapitotehtäviä ollaan tehty. Kunnossapidolla voi olla käytössä myös huoltokirja, minne kuitataan tehtyjä töitä.

Kunnossapidon säilytettävä ja ylläpidettävä tieto on kaikki tieto rakennetusta kohteesta sekä rekisteri- ja tilastopohjainen tieto tehdyistä töistä. Säilytettävän tiedon laatu vaihtelee, esimerkiksi kiskojen tai pysäkkialueiden siivoamisesta ylläpidetään vähemmän tietoa kuin työstä missä vanhoja rakenteita korvataan uusilla. Uusien rakenteiden lisäämisestä ylläpidetään tietoa muun muassa: mitä on rakennettu, minne ja milloin. Ylläpitävissä kunnossapidon työtehtävissä on tapauksia, joista käytännön suoritettietoa ei jää mihinkään ylös, esimerkiksi kuinka paljon on talvella aurattu lunta. Tiedonhallintajärjestelmään tallennettujen ylläpidettävien tietojen tarkasteluun on oikeudet itse palveluntuottajilla, työn johtajilla, mestareilla sekä tilaajilla.

Nykypäivänä kunnossapidon tiedonhallinta on enemmän perinteisen toimintamallin tapaista. Sähköiseen toimintamalliin ollaan siirtymässä sitä mukaan, kun sähköisen toimintamallin palveluita tulee kunnossapidolle käytettäväksi. Nykypäivänä tiedon kulku on pääsääntöisesti siiloutunutta pelkästään joko kunnossapidon sisäiseen tiedon kulkuun, tai kunnossapidosta muualle käyttäen perinteisiä menetelmiä kuten sähköpostit, verkkolevyt tai yksittäiset palvelut. Haastateltavat totesivat, että mahdollinen potentiaali tiedonkulkeutumisen parantamiseen on ymmärretty, mutta konkreettinen uusien menetelmien omaksuminen puuttuu. Haastateltava totesi myös, kuinka aikaisemmat yritykset kunnossapidon tiedonhallinnan parantamiseen ovat kaatuneet siihen, että parannusyrityksiin ei ole varattu tarpeeksi resursseja. Tiedonhallinnan parantaminen on kaatunut myös siihen, että tiedonhallintaa varten kehitettävä järjestelmä on alettu kehittää liian alusta asti, mikä on tehnyt hankkeesta liian haastavan.

Haastattelussa tuli ilmi, että kunnossapidon tiedonhallinta on riippuvainen siitä sopimussuhteesta, missä tilaaja, mahdollinen infran omistaja ja kunnossapidon palveluntuottaja ovat keskenään. Esimerkiksi tilanteessa, missä palvelun tuottajalla on vastuullaan ylläpitää työn laatutasoa, joka tarkoittaa sitä, että tiedonhallinta tulee palveluntuottajan puolelta.

Haastateltavat kokivat, että tiedonhallinta ja tietomallinnus raitioteiden kunnossapidossa on selkeästi vähemmän käsitelty asia kuin normaalien tie- ja rautatiehankkeiden parissa. Esimerkiksi rautateiden ratakunnossapidon ratainfra-tietojen hallintaan on Väyläviraston toimesta kehitetty Raiku- ja Ratko-järjestelmät. Raiku-järjestelmä on kunnossapitotietojen keräämiseen ja dokumentointiin kehitetty alusta. Ratko-järjestelmä



on ratarekisteri, jonne kirjataan kaikki tieto rataverkon kohteista. Ratko-järjestelmään kirjattavat tiedot voivat olla muun muassa sijaintitiedot ja ominaisuustiedot.

Haastattelussa selvisi, että useimmiten raitiotietyömaat toteutetaan olemassa olevan katuverkon kanssa yhdessä, eli raitiotienhankkeen rakennuksen aikainen tiedonkulku kytkeytyy samoilla ehdoilla olemassa katuverkon työmaan kanssa.

Joissain isoimmissa kunnossapidon työtehtävissä kunnossapidolle kantautuneet suunnitelmätiedot eivät ole olleet riittävän tarkkoja. Näissä tilanteissa yleensä käydään suunnittelijan ja rakentajan kanssa yhdessä läpi rakennuskohteessa, mitä pitää tehdä ja mitä tietoa työn toteutukseen tarvitaan.

Haastatteluiden perusteella on ollut tilanteita, missä rakennusvaiheessa laaditut muutokset eivät ole kirjattuna mihinkään suunnitelma-aineistoihin ja siksi ovat aiheuttaneet ongelmia kunnossapitovaiheessa. Haastateltavien mukaan rakenteelliset sijoitusmuutokset tulisi käydä läpi kunnossapitäjän kanssa, jotta niihin osataan varautua kunnossapitovaiheessa.

Taulukossa 2 on esitetty haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien nykypäivän kunnossapidon tiedonhallinnan haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 2. Kunnossapidon tiedonhallinta nykypäivänä.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiedonhallinta siiloutunutta.</li> <li>• Saatava tieto köyhtynyttä tai käsittelemättömässä muodossa.</li> <li>• Ylläpidettävän tiedon laatu vaihtelee.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiedonhallinnasta enemmän sähköistä ja standardoitua.</li> <li>• Tiedon kulkeutumisen ja sisällön laadun parantaminen.</li> </ul>                                 |

### 3.1.2 Kunnossapidon ja suunnittelijoiden välinen tiedon kulku

Haastateltavat kokivat, että kunnossapidon ja suunnittelijoiden välissä voi vallia epätietoisuus toistensa toiminnasta. Esimerkiksi tapauksissa, missä kunnossapito ei välttämättä tiedä missä vaiheessa suunnittelu etenee, ja suunnittelu olettaa, että kunnossapitäjä itsenäisesti käy selvittämässä suunnitelmien tason ja sen mistä mitäkin tietoa löytyy. Haastateltavien mukaan, kunnossapidon ja suunnittelijoiden välinen

tiedonkulku pysyy kaikista parhaiten ajan tasalla, kun kunnossapito otetaan suunnitteluun mukaan aina kun tehdään muutoksia suunnitelmiin. Kunnossapitäjien tulee myös olla aina yhteydessä suunnittelijoihin, jos kunnossapidolla jotain rakenteellista tarvetta muuttaa suunnitelmia. Haastattelun mukaan suunnittelijan tulisi olla yhteydessä kunnossapitäjään, sillä silloin kun kunnossapidosta ollaan yhteydessä suunnittelijoihin, on kyseessä usein tiedon ”reklamaatio”. Suunnittelijan ollessa yhteydessä kunnossapitoon, varmistetaan myös se, että kunnossapidossa ymmärretään mitä suunnitelmat esittävät. Haastateltavien mukaan kunnossapidolta vaaditaan tietynlaista osaamista suunnitelmien tulkitsemiseen, jos sitä ei löydy, vaaditaan suunnittelija tulkiksi.

Haastattelussa selvisi, että joissain hankkeissa kunnossapidon projektipäällikkö on valittu yhteyshenkilöksi suunnittelun kanssa ja tiedonkulku tapahtuu projektipäällikön kautta.

Tilanteissa, missä kunnossapidosta on oltu jälkikäteen yhteydessä suunnittelijoihin, on usein kysytty maanalaisten rakenteiden sijaintia tai sitä, mistä suunnitelmätietoa voi etsiä, jos sitä ei löydy. Suunnittelijoiden kanssa puheenaiheena on myös suunnitelmissa esitetty raitiotievaunun vaatima tila liikkua. Suunnittelussa ei välttämättä aina ole huomioitu kunnossapidon kaluston vaatimaa tilaa raitiotieradalla. Kunnossapidosta on painotettu myös sitä, että raitiotien vaihteet tulisi ottaa pois autoliikenteen ja jalankulun alta.

Taulukossa 3 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien kunnossapidon ja suunnittelijoiden välisen tiedonkulun haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 3. Kunnossapidon ja suunnittelijoiden välinen tiedonkulku

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnossapidon ja suunnittelijoiden välinen kommunikaatio olematonta tai vähäistä.</li> <li>• Kunnossapidolta vaaditaan erityisosaamista suunnitelmien tulkitsemiseen.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnossapito mukaan aina kun tehdään muutoksia suunnitelmiin.</li> <li>• Suunnitteluvaiheessa enemmän kommunikointia kunnossapidon kanssa.</li> </ul>                            |

### 3.1.3 Kunnossapidon tiedonhallinta tulevaisuudessa

Kunnossapidon asiantuntijat kommentoivat, että kunnossapidosta olisi hyvä päästä käsiksi ohjelmistoissa olevien suunnitelmätietojen ja muiden tietojen revisiohistoriaan, eli olisi hyvä päästä tarkastelemaan aikaisempaa tilannetta, miten jokin on rakennettu. Usein revisiohistoriaan on hyvä päästä tarkastelemaan vanhoja suunnitelmätietoja, kun jokin kohde on rakentamisen jälkeen muokattu ja edelleen rakennettu, koska usein uudet tiedot saattavat korvata vanhat.

Kunnossapidon tulevaisuuden tiedonhallinta pitäisi olla ajantasaista ja paikkaansa pitävää, oleellista, tarkoituksenmukaista ja määrältään järkevää. Haastateltavat toivoivat, että tulevaisuuden tiedonhallinnan avulla kunnossapidon työtehtävät olisivat enemmän ennakoivia eikä ongelman syntymisen jälkeen tehtäviä korjaavia ja huoltavia töitä. Haastateltavat toivoivat, että kunnossapidon työtehtävät olisivat enemmän proaktiivisia kuin reaktiivisia. Haastateltavat kokivat, että tilaajien olisi hyvä tietää, missä vaiheessa olisi hankkeen elinkaarikustannusten kannalta fiksuin aika korjata tai uusia rakenteita. Tämä tieto mainittaisiin mahdollisesti rakenteen tai kohteen omassa huoltokirjassa.

Haastattelussa ilmeni myös se, kuinka raitioteiden kunnossapidon tiedonhallinnan tulevaisuuden kannalta katse pitäisi suunnata katujen kunnossapitoon, sillä katujen kunnossapidossa käsitellään samoja teemoja kuin raitioteiden kunnossapidossa. Tällä tavoin esimerkiksi katujen kunnossapidon tiedonhallinnan edistykset voisi antaa vastauksia myös raitioteiden kunnossapidon tiedonhallintaan.

Kunnossapidon asiantuntijat kokivat hyvin kollektiivisesti, että tiedon kulku ja varastointi ovat kunnossapitovaiheessa hyvin tärkeitä, ja siksi tiedon jakaminen tilaajan, suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon välillä täytyy toimia saumattomasti ja selkeästi. Tiedon kulkeutumisen pitää olla selkeää, mutta myös tiedon muokkaaminen tarvittaessa täytyy olla mahdollista sekä tiedon löytäminen tiedonhallintajärjestelmästä pitää onnistua ongelmitta. Tiedon siiloutumisen ja pirstaleisuuden ehkäisy ja vähentäminen oli kunnossapidon asiantuntijoiden mielestä yksi selkeä tulevaisuuden tavoite.

Haastateltavat kokivat, että tilaajan tulisi heti hankkeen alkuvaiheessa ottaa kunnossapito mukaan hankkeeseen. Kunnossapidon huomioimisella saataisiin heti hankkeen alkuvaiheessa ilmaistua se, mitä tietoa kunnossapidossa tarvitaan, ja miten kyseinen tieto

kulkeutuu kunnossapidolle asti. Haastateltavat painottivat sitä, kuinka tilaajan rooli on tärkeä siinä, että kunnossapito tullaan huomioimaan hankkeessa heti alusta asti. Tilaajalla täytyy löytyä halua mahdollistaa kunnossapidon tarpeiden huomiointi ja sitä kautta kunnossapidolle oleellisen tiedon säilyttäminen ja kulkeutuminen kunnossapidolle asti. Tilaajalla on mahdollisuudet vaikuttaa hankkeen elinkaarikustannuksiin, huomioimalla kunnossapidon tarpeet suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa.

Haastateltavat kokivat, että kunnossapidon tiedonhallinnan tulevaisuuden tavoite olisi päällekkäisten töiden minimointi. Tapauksissa, joissa kunnossapito ylläpitää rekisteriä tai järjestelmään, ei suunnittelun tai rakentamisen enää tarvitsisi ylläpitää kyseistä rekisteriä tai järjestelmää. Esimerkiksi paikkatiedon ja ominaisuustiedon kirjaaminen pitäisi tapahtua yhteen järjestelmään, eikä tiedon tallentamista tulisi hajauttaa useaan eri järjestelmään. Tällä tavoin varmistetaan se, että kaikki paikkatieto ja ominaisuustieto, löytyy samasta paikasta.

Kunnossapidon asiantuntijat kokivat, että tulevaisuudessa olisi hyvä saada kunnossapidossa syntyvät tiedot välittömästi tallennettavaksi, esimerkiksi mobiilisovellusten avulla. Tällä tavoin saadaan kaikki oleellinen tieto välittömästi tiedonhallintajärjestelmään.

Taulukossa 4 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien kunnossapidon tulevaisuuden tiedonhallinnan haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 4. Kunnossapidon tiedonhallinta tulevaisuudessa.

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kehittynyt tiedonhallinta lisää tiedon määrää. Tietoa ei saa kuitenkaan olla liikaa, jolloin tiedon käsittelystä tulee liian raskasta.</li> <li>• Uudet tiedot eivät saa korvata vanhoja tietoja. Vanhat suunnitelmatiedot eivät saa kadota uusien tieltä.</li> </ul>  |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiedonhallinnan kehittyminen ja ajantasaisen tiedon ylläpitäminen tiedonhallintajärjestelmällä.</li> <li>• Tiedonhallinta ohjaamaan kunnossapidon työtehtäviä proaktiivisesti.</li> <li>• Tiedon jakaminen saumattomasti hankkeen kaikkien osapuolten välillä.</li> <li>• Tilaajan rooli kunnossapidon sisällyttämisessä hankkeessa hankkeen alusta asti.</li> <li>• Tiedon tallentaminen paikan päällä mobiilisovelluksilla.</li> </ul> |

### **3.1.4 Tietomallipohjainen suunnitteluhanke ja kunnossapidon huomioiminen siinä nykypäivänä**

Asiantuntijat ilmaisivat, että kunnossapito on jäänyt huomiotta ennen, mutta koko ajan mennään parempaan suuntaan. Nykyään on hankkeita, missä kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset huomioidaan hankkeen suunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi kunnossapidon tarpeet ovat huomioitu suunnitteluperusteissa, jotka ohjaavat hankkeen suunnittelua hankkeen elinkaaren alusta saakka. On myös tapauksia, missä suunnittelun edetessä järjestetään välietappeja, missä käydään läpi kunnossapitäjien kanssa, onko suunnitelmat mahdollisia. Näissä välietapeissa kunnossapitäjillä on mahdollisuus kommentoida ja vaikuttaa suunnitteluvaiheessa laadittuihin suunnitelmiin. Esimerkiksi kunnossapitäjät kommentoivat, onko mahdollista siirtää aitaa, jotta kunnossapitokalustolla voidaan ylläpitää aluetta. Jos suunnitteluperusteissa on virheellistä tietoa, ovat suunnitelmat kautta linja virheellisiä.

Haastateltavat kokivat ongelmana kunnossapidon kannalta sen, että usein suunnittelu etenee myös asukkaiden mieltymysten mukaisesti. Jotkin kunnossapidon kannalta parhaimmat suunnitteluvaihtoehdot eivät välttämättä ole esteettisimmät, ja siksi aiheuttavat negatiivisia mieltymyksiä hankkeen vaikutuspiirissä olevien asukkaiden mielestä. Tietomallipohjaisissakin hankkeissa edetään usein suunnittelun, kunnossapidon ja asukkaiden mielipiteiden kompromissien ehdoin.

Haastattelussa koettiin haasteelliseksi se, kuinka tilaaja voisi vielä enemmän sisällyttää kunnossapidon vastuuhenkilöitä tai mahdollisesti jopa kunnossapidosta vastuussa olevia aliurakoitsijoita mukaan suunnitteluun tai rakentamiseen. Haastateltavien mukaan kunnossapidon ja suunnittelun tai rakentamisen välinen yhteistoiminta ei ole niin yleistä, että kunnossapidon sisällyttäminen tapahtuisi saumattomasti tänä päivänä. Suunnittelijat eivät myöskään välttämättä ymmärrä kunnossapidon käytännön asioita ja siksi kunnossapidon kommentoinnit olisivat tärkeitä.

Tällä hetkellä kunnossapidon tarpeita hyödynnetään tietomallipohjaisessa hankkeessa sen perusteella, mitä kunnossapidosta ja sen vaatimuksista on kerätty tietoa esimerkiksi hankkeen yhteiseen tiedonhallintajärjestelmään.

Taulukossa 5 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien tietomallipohjaisen suunnitteluhankkeen kunnossapidon huomioimisen haasteita ja potentiaaleja nykypäivänä.

Taulukko 5. Tietomallipohjainen suunnitteluhanke ja kunnossapidon huomioiminen siinä nykypäivänä.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnossapito jää täysin huomiotta suunnittelussa.</li> <li>• Asukkaiden vaatimukset vaikeuttavat suunnittelua, tai aiheuttavat muutoksia suunnitelmiin.</li> <li>• Ilman kunnossapidon hyväksyntää, suunnitteluperusteissa voi olla virheitä, mikä aiheuttaa virheellisiä suunnitelmia.</li> <li>• Kunnossapidon vastuuhenkilöiden tai aliurakoitsijoiden sisällyttäminen suunnitteluun ja rakentamiseen voi olla haasteellista tilaajan kannalta.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelua ohjaavat kunnossapidon hyväksymät suunnitteluperusteet.</li> <li>• Kunnossapidon kanssa järjestetyt välietapit ja suunnitelmien tarkistuttamiset.</li> </ul>   |

### 3.1.5 Tietomalliaineiston hyödyntäminen kunnossapidossa

Haastateltavat kokivat, että kunnossapidossa ymmärretään tietomalliaineiston tuomat hyödyt, mutta kunnossapidon työtehtäviin kyseistä potentiaalia ei ole täysin omaksuttu. Haastateltavien mukaan asiaa voi tarkastella kolmesta eri näkökulmasta. Ensimmäisenä näkökulmana on tilaajan mahdollistama kunnossapidon tiedonhallinta. Tilanteessa, missä tilaaja ei ole määrittänyt hankkeen tiedonkulkua, eikä rakennetun kohteen tieto kulkeudu luovutusaineistossa kunnossapidolle, pitää kunnossapidon itse mitata lähtötiedot kunnossapitotehtäviä varten. Toinen on suunnittelukonsultin näkökulma, missä suunnittelijalla on mahdollisuudet lisätä suunnitteluaineistoon kunnossapidon kannalta olennaista tietoa. Viimeisenä se, mitä kunnossapitotehtäviä olisi tehtävissä, ja voidaanko tietomalliaineistoa hyödyntää niissä. Haastateltavat kokivat, että tietomalliaineisto ei välttämättä näy niin paljon päivittäisessä ylläpitävässä kunnossapidossa. Isommissa rakenteita muuttavissa kunnossapidon työtehtävissä tietomallipohjainen aineisto voi toimia lähtötietona tai muuna suunnitteluaineistona työtehtäville.

Haastattelun mukaan rakentamiselta kunnossapidolle kantautunut toteumamalliaineisto voi olla sisällöltään köyhtynyt lähtiessään rakentamisvaiheesta eteenpäin. Aineisto voi

olla myös muodossa, missä sitä ei voida kunnossapidossa tarkastella. Toisaalta haastattelussa selvisi, että esimerkiksi MATTI-järjestelmässä tietoja ja tiedostoja olisi mahdollista tarkastella ilman lisenssiä, mutta tiedostojen ja tietojen muokkaamiseen vaaditaan lisenssit.

Haastateltavat kokivat, että esimerkiksi 3D-mallidata ei välttämättä ole niin olennaista kunnossapidon tehtävissä, jos sijaintitiedot on mahdollista esittää paikkatietona, koordinaattitietona tai ratakilometreinä. 3D-mallidata saattaa kuluttaa paljon tilaa ja voi olla käsiteltävyydeltään haastavaa. Toisaalta tilanteissa, missä mallidataa tarvitaan, olisi hyvä tietää mistä kyseinen materiaali olisi löydettävissä.

Taulukossa 6 on esitetty haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien kunnossapidossa hyödynnettävän tietomalliaineiston haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 6. Tietomalliaineiston hyödyntäminen kunnossapidossa.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietomalliaineistoa ei juurikaan hyödynnetä. Kaikkia käyttökohteita malliaineistolle ei ole selvitetty.</li> <li>• 3D-malliaineisto nähdään ylimääräisenä perinteisien paikkatietoa sisältävien suunnitelmien ohella.</li> <li>• Toteumamalliaineisto köyhtynyt toteutusmalliaineistoon verrattuna.</li> </ul>                        |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietomalliaineiston toimiminen kunnossapitotehtävien lähtöaineistona. Vähentää tarvetta kunnossapidon omille lähtötietomittauksille.</li> <li>• Suunnittelukonsultilla mahdollisuus lisätä malliaineistoon kunnossapidon kannalta olennainen tieto.</li> <li>• Malliaineiston hyödyntäminen ylläpitävässä kunnossapidossa.</li> </ul> |

### 3.1.6 Ohjelmistojen hyödyntäminen kunnossapidossa

Haastateltavien mukaan kunnossapidossa hyödynnettävät ohjelmistot liittyvät enimmäkseen hankkeen sisäisiin yhteisesti määriteltyihin tiedonhallintajärjestelmiin. Joissain hankkeissa toteumatiedot kulkeutuvat kunnossapidon hyödynnettäväksi yhteisellä alustalla, esimerkiksi Infrakit tai M-Files -järjestelmässä. Raportointijärjestelmänä hankkeella voi olla esimerkiksi Mipro Vivo -omaisuudenhallintajärjestelmä.

Tiedonhallintajärjestelmään, esimerkiksi Infrakit-järjestelmään voidaan tuoda malliaineistoa, taustakartta-aineistoa ja omat työkoneet kartalle siten, että se edistää työn suunnittelua. Tällä tavoin voidaan myös miettiä työn vaiheiden suunnittelua esimerkiksi merkitsemällä ohjelmistoon mitä aiotaan tehdä ja mitä on jo tehty. Ohjelmiston avulla voidaan tuoda kunnossapidettäviä kohteita paikkatietona taustakartalle. Ohjelmistoilla voidaan mitata rakennushankkeesta toteumat, tehtyä laatudokumentoinnit ja luovutettua tieto eteenpäin tilaajalle.

Ylläpitävissä kunnossapidon työtehtävissä käytetyt ohjelmistot perustuvat pääpiirteittäin Office-linjan tuotteisiin, mutta käytössä voi olla myös kunnossapidon huoltokirjatyylinen Groundmanager-ohjelmisto. Kunnossapidossa ollaan hyödynnetty myös paikkatieto-ohjelmistoja, kuten MapInfo ja ArcGIS.

Kunnossapitäjällä pitää olla tiedossa kunnossapidon raportointijärjestelmä tai raportointiohjelmisto ja se, missä muodossa sinne viedään tietoa. Esimerkiksi tilanteessa, missä kunnossapidon rakennustyötehtävästä on tarketietoa GT (Geonic)-formaattissa, mutta kunnossapidon raportointiohjelmistoon ei voi viedä suoraan kyseistä tietoa muuttamatta sitä. Toisaalta, haastattelussa selvisi, että esimerkiksi Infrakit-ohjelmalla on mahdollista lukea tarketietoa suoraan GT-formaatissa.

### **3.1.7 Kunnossapidossa syntyvät kustannuserät**

Haastateltavat kokivat, että ylläpitävässä kunnossapidossa suurimmat kustannuserät syntyvät talvikunnossapidossa esimerkiksi aurauksesta, sekä yleisestä rata-alueiden puhtaanapidosta kuten pysäkkien siivouksesta ja ylläpidosta. Myös ennakoimattomat laiterikot tai muut ongelmat synnyttävät yllättävän suuria kustannuksia kunnossapidossa. Laiterikkojen tapauksissa pitää huomioida myös vaikutukset rataliikenteeseen. Laiterikot voivat keskeyttää meneillään olevan suunnittelun tai rakentamisen sekä toimintavaiheessa meneillään olevan raitiotieliikenteen. Sähköjärjestelmien kunnossapitoon kuluu myös suuri osa raitiotien kunnossapidon budjetista. Raitiotieajolanka on kulutuksen alla oleva rakenneosa ja siksi usein vaihdettavien rakenteiden joukossa. Haastateltavat kokivat, että proaktiivisessa eli enemmän ohjaavassa kunnossapidossa voitaisiin vähentää syntyviä kustannuksia ennakoimalla mahdollisia laiterikkoja sekä toimintaa keskeyttäviä ongelmia. Tällä tavoin voitaisiin säästyä mahdollisilta yllätyksellisiltä kuluilta, jotka syntyvät, kun ollaan korjattu ongelman syntymisen jälkeisiä tilanteita.



Haastateltavien mukaan suunnittelusta pitäisi saada vuositasolla tulevat kunnossapidon suoritteet selville, minkä avulla voisi ennakoida kustannuksia. Haastateltavat kokivat, että tietomallintamisen avulla tähän voisi olla ratkaisu. Kunnossapidon suoritteiden selvittämällä voitaisiin saada kunnossapidon vuosikustannuksien hinta selville jo suunnitteluvaiheessa. Tällä tavoin kunnossapidon hinta ei tule jälkikäteen yllätyksenä tilaajilla, ja tilaajat voivat vertailla eli kunnossapitomenetelmiä ja niiden kustannuksia jo suunnitteluvaiheessa. Toisin sanoen, haastateltavat kokivat, että kunnossapidon kustannukset tuotaisiin elinkaariajatteluna osaksi päätöksen tekoa jo hankkeen alkuvaiheessa tietomallinnuksen avulla.

Toisaalta haastateltavat kokivat, että tietomallintamisen hyödyntäminen kunnossapidossa on myös resurssikysymys. Haastateltavien mukaan kasvavan tiedon määrä voi lisätä tiedonhallinnan resursseja ja kustannuksia sekä tiedonhallintajärjestelmien ylläpitokustannuksia. Uusien ohjelmistojen hyödyntäminen voi lisätä kunnossapidon koulutus- ja laitekustannuksia. Uusien ohjelmistojen omaksuminen tekee tiedonhallinnasta enemmän sähköistä, mikä pitkällä tähtäimellä voi vähentää kulutettavia resursseja ja sitä kautta vähentää syntyviä kustannuksia.

Haastattelussa selvisi, että joissain tilanteissa rakennusvaiheessa päätetään tinkiä jostain rakenteista, esimerkiksi päällysteistä. Tinkimisestä rakennusvaiheessa voi syntyä miljoonan säästöt, mutta säästö kostauduukin kunnossapidolle monen miljoonan kulueränä elinkaaren aikana, koska rakennusvaiheessa tingitty päällyste onkin hankalampi kunnossapidettava.

Haastateltavat kokivat, että kunnossapidon kustannuksiin voidaan vaikuttaa siten, että kunnossapitäjä on jatkuvassa prosessissa kommentoimassa suunnitelmia. Esimerkiksi, kunnossapitäjä voi vaikuttaa suunnittelun valitsemaan reunakiveen, ettei kunnossapitovaiheessa joudu vaihtamaan aurasta harjaan kesken talvikunnossapidon. Jos raitiotiehanke on allianssimallinen, niin allianssin tulisi nimetä kunnossapitävältä taholta henkilö suunnitteluun mukaan, joka ottaa alusta asti huomioon kunnossapitotyötehtävien ja kaluston laatuvaatimuksien huomioimisen suunnittelussa.

Toinen keino vähentää kustannuksia on työn tehostaminen tiedonhallinnan avulla. Parannellulla ja nopeammalla tiedonhallinnalla voisi kohdistaa esimerkiksi kunnossapidon siivoustyötä sinne missä sitä tarvitaan ja vähennetään sieltä, missä siivoustyötä ei tarvita. Tämän tapainen työn ohjaukseen keskittyvä tiedonhallinta oli

selkeästi haastateltavien mielestä yksi kunnossapidon kustannuksia vähentävä tekijä. Ohjaavalla tiedonhallinnalla saadaan esimerkiksi huoltoajoneuvojen ajoreitit optimoitua tehokkaaksi ja kustannuksia vähentäväksi. Haastattelun perusteella esimerkiksi kunnossapitäjien ajoneuvoihin voisi asentaa näytöt, missä näkyisivät yön kunnossapitoreitit, mitkä perustuvat kunnossapidon työn tarpeenmukaiseen ohjaamiseen. Haastattelussa selvisi myös, kuinka kunnossapidon palaute tulisi ohjata hyödykkeeksi kunnossapidon suunnitteluun. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että tieto siitä, missä on eniten valitusta tietystä asiasta tulisi kunnossapitäjille selkeästi tietoon. Myös työn varmistus-systeemi vähentäisi kunnossapidossa syntyviä kustannuksia, koska kyseisellä systeemillä välttyttäisiin tekemästä kahteen kertaan jonkin kohteen kunnossapitotyötehtävät, kuten talviauraukset.

Taulukossa 7 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien kunnossapidossa syntyvien kustannuserien haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 7. Kunnossapidossa syntyvät kustannuserät.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ylläpitävästä kunnossapidosta suurimmat kustannuserät.</li> <li>• Ennakoimattomat laiterikot ja muut hajoamiset lisäävät kustannuksia.</li> <li>• Kehittynyt tiedonhallinta voi lisätä kustannuksia esim. ylläpitokustannuksien kautta.</li> <li>• Rakennusvaiheessa valittu suunniteltua halvempi materiaali- tai toteutusvaihtoehto voi muuttua kunnossapitovaiheessa kasvaviksi kustannuksiksi.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proaktiivinen kunnossapito vähentää kustannuksia.</li> <li>• Kunnossapidon vuosikustannukset esille jo suunnitteluvaiheessa.</li> <li>• Kustannuksia voidaan vähentää huomioimalla kunnossapidon ehdotukset suunnitteluvaiheessa.</li> </ul>  |

## 3.2 Tietomalliasiantuntijoiden haastattelututkimuksen tulokset

### 3.2.1 Tietomallinnus nykypäivänä

Haastateltavat kokivat, että tietomallinnus on osa suunnittelun arkipäivää nykyään. Nykypäivänä tietomallinnus on osittain sitä, että suunnitelmat otetaan malleina ulos suunnitteluohjelmistoista. Toisaalta, haastateltavien mukaan ohjelmistot eivät vielä

tuota sellaista aineistoa, mikä olisi suoraan hyödynnettävissä toteutusmallina. Aineistoa pitää aina muokata, jotta se olisi toteutusmallikelpoista. Tietomallinnusta ei nähdä enää juurikaan erillisenä prosessina suunnittelussa, vaikka tietomallipohjainen rakennussuunnittelu viekin enemmän aikaa kuin perinteinen rakennussuunnittelu. Haastateltavat kokivat, että tietomallinnus tekee jostain suunnitelmista vähemmän tärkeitä, sillä rakentajat eivät tarkastele joitain suunnitelmia enää samaan malliin kuin ennen. Esimerkiksi ennen paalupoikkileikkauksia tehtiin 20 metrin välein, ja rakentajat saivat itse interpoloida ja rakentaa 20 metrin välit suunnitelmien mukaan. Nykyään mallinnuksen avulla saadaan koko 20 metrin matka mallinnettua, eikä paalupoikkileikkauksia välttämättä tarvita. Tällä tavoin tietomallinnus poistaa virheen mahdollisuuden. Haastateltavat kokivat myös, että tietomallinnus nykypäivänä on hyvä väline eri tekniikkalajien väliseen yhteensovitukseen.

Haastateltavat kokivat, että tietomalliaineistoon voi sisällyttää paljon tietoa, mutta kaikkea potentiaalia ei kuitenkaan ole hyödynnetty. Tiedon liittäminen tietomalliaineistoon riippuu paljon siitä, mistä tekniikkalajista on kyse. Esimerkiksi taitorakenteissa IFC-formaatin sisälle voidaan sisällyttää paljon informaatiota, mutta geo-, tie-, rata- tai sähköasioissa, joissa formaattina on Inframodel tai DWG, sisältöön ei voi niin paljon sisällyttää metatietoja. Myös sellaisia lisätietoja mitä ei ole määritelty YIV-, InfraBIM- ja Inframodel-määrittelyissä on hankala lisätä tietomallien metatietoihin. Näissä tapauksissa, missä tietoja ei voi sisällyttää metatietoihin, tiedot annetaan eteenpäin muun dokumentaation avulla tai lisätään lisäteksteinä esimerkiksi kommenttikenttiin. Haastateltavat kokivat, että vaikka tietomallinnuksen potentiaali on ymmärretty nykypäivänä, niin infrarakentamisessa tietomalli on enemmänkin käytössä kertomaan viivamallin ja pintamallin käyttötarkoituksen.

Haastateltavat kokivat, että tietomallinnus menee nykypäivänä paljon rakentajan ehdoilla. Rakentamisesta tulee vaatimus mitä tietoa tietomalleihin tulee sisällyttää ja miten. Esimerkiksi raitiotiehankeessa tietomalliaineisto voi kertoa ratajohtopylvästyyppien materiaalien vaihdot eri liittymien jälkeen, sekä vaahtolasikiilojen ja eristelevyjen sijainnin kiintoraiteen alla ja vieressä. Kuitenkin, eri työmaat samassa hankkeessakin voivat vaatia eri asioita tietomallin sisällöstä. Tämä johtaa siihen, että jos rakennustyömaalla mittapuoli ei joitain tietoja kaipaa, niin niitä ei mallin lisätäkään.

Taulukossa 8 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien nykypäivän tietomallinnuksen haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 8. Tietomallinnus nykypäivänä

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnitteluohjelmistot eivät tuota suoraan toteutusmallikelpoista aineistoa.</li> <li>• Tiedon lisääminen tietomalliaineistoon riippuu tekniikkalajista ja tiedonsiirtoformaattista. Kaikkea tietoa ei voi sisällyttää malliaineistoon.</li> <li>• Tietomallinnusta toteutetaan useimmin rakentajien ehdoilla.</li> <li>• Rakentajille laaditut tietomalliaineistot voivat vaihdella laadultaan hankkeenkin sisällä.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietomallinnus eri tekniikkalajien yhdistäjänä.</li> <li>• Tietomallinnus tekee perinteisistä suunnitelmista vähemmän tärkeitä.</li> </ul>  |

### 3.2.2 Tietomallinnus tulevaisuudessa

Haastateltavat kokivat, että tiedon kulku hankkeen elinkaaren alusta loppuun toimii tällä hetkellä hyvin isoissa hankkeissa, mutta olisi hyvä saada se toimimaan myös pienissä hankkeissa. Eli käytännössä tietomallipohjainen toiminta tulisi yhtenäistää, niin tietomallin hyödyistä tulisi arkipäivää myös pienemmissä projekteissa.

Haastateltavien mukaan tällä hetkellä tietomallit tähtäävät rakentamiseen, joten mallien hyödyntäminen elinkaaren kannalta loppupäässä olisi hyvä tulevaisuuden tavoite. Suunnittelussa ei juurikaan ole tietoa kunnossapidosta ja sen vaatimuksista, joten tilaajapuolelta pitäisi löytyä ohjausta siihen, että suunnittelussa mennään kunnossapidon kannalta oikein. Tilaajilla pitäisi olla jokin tavoite, että voidaan jatkossakin hyödyntää malliaineistoa. Mahdollisesti toteumamallien avulla voisi ohjata tietomallintamista kunnossapitämiseen ja jatkosuunnitelmiin.

Haastateltavien mukaan kunnossapitovaiheen tietomalliaineistolle pitäisi olla samanlaisia ohjeita ja vaatimuksia, kuten YIV-ohjeistukset ja InfraBIM-nimikkeistöt. Kunnossapidon tilaajat vaatisivat, että käytettävät kunnossapidon menetelmät tai järjestelmät tukevat kyseisiä vaatimuksia.

Haastateltavien mukaan tiedon ei tulisi heikentyä tai vähentyä siirtyessään hankkeen sisällä vaiheesta toiseen. Haastateltavien mukaan pitäisi panostaa kehitykseen, jossa saataisiin toteumatietoa tuotettua sillä tavalla, että se sisältäisi saman verran tietoa kuin rakennussuunnitelmatiedotkin. Toisin sanoen haastateltavien mukaan olisi hyvä, jos suunnitelma-aineiston voisi suoraan hyödyntää toteumamallina, eikä tarvitsisi jälkikäteen mitata, miten työmaalla rakennelmat on oikeasti rakennettu. Haastateltavien mukaan yksi keino olisi se, että työmaalla mitataan rakennettujen kohteiden tarkkuus ja mitattuja arvoja verrataan rakennussuunnitelmamalliin. Jos mittauksen perusteella rakennettu kohde on tietyn toleranssitarkkuuden sisällä rakennussuunnitelmamalliin verrattuna, niin suunnitelma-aineistoa voisi suoraan hyödyntää toteumamallina. Tällä tavoin ei kuluisi aikaa ja resursseja toteumamallin tuottamiseen, ja ainoastaan rakennussuunnitelmamallin metatietoihin kirjattaisiin, että kohde on rakennettu. Haastateltavien mukaan toteumamittaukset ovat tietosisällöltään heikompia kuin toteutusaineisto. Tilaajat eivät varaa resursseja siihen, että suunnitelmatiedot oikeasti päivitetäisiin toteuman mukaisiksi. Toteumamittaukset voivat olla esimerkiksi GT-formaatissa, eikä Inframodel-formaatissa. Haastateltavien mukaan toteumamalliaineiston kehitys olisi yksi tulevaisuuden tavoite.

Haastateltavat kokivat, että tällä hetkellä hankkeen sisällä toiminta voi olla siiloutunutta omaan tekemiseen, joten yksi tulevaisuuden tavoite olisi saada kaikkien osapuolien näkökulmat esiin, ja tehtyä ratkaisut kaikkien näkemysten kompromissien mukaan. Suunnittelijat miettivät mikä heidän mielestään on hyvä suunnitteluohjeiden mukainen suunnitteluratkaisu ja rakentaminen miettii mikä on toimiva ja halpa ratkaisu ja kunnossapidosta mietitään mikä olisi helpoin kunnossapidettava rakenne- tai kohderatkaisu.

Taulukossa 9 on esitetty haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien tulevaisuuden tietomallinnuksen haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 9. Tietomallinnus tulevaisuudessa.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelussa ei tietoa kunnossapidon vaatimuksista.</li> </ul>  |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietomallipohjainen toiminta mukaan myös pienempiin hankkeisiin.</li> <li>• Tavoite hyödyntää malliaineistoa myös hankkeen loppupäässä.</li> <li>• Tietomalliaineistoa ei tulisi luoda pelkästään rakentamisen ehdoilla.</li> <li>• Kunnossapidolle luotavan aineiston suunnittelua varten tulisi olla ohjeistuksia.</li> </ul> |

### 3.2.3 Tietomallinnus ja kunnossapito nykypäivänä

Haastateltavat kokivat, että nykypäivänä hankkeet, mitkä sisältävät tietomallipohjaista toimintaa, ovat joko pelkästään suunnittelu tai pelkästään rakentaminen, tai pelkästään suunnittelu ja rakentaminen yhdessä. Kunnossapidon ottaminen mukaan on selkeä kehityksen kohde, ja joissain hankkeissa tähän suuntaan on siirryttykin. Haastattelussa selvisi, että jossain hankkeessa kunnossapidosta on tullut yksi tai kaksi kunnossapidon työntekijää, jotka ovat suunnittelun kanssa käyneet läpi suunnitelmia ja tuoneet esiin omia havaintojaan ja huomioitaan. Toisaalta tällä hetkellä paine huomioida kunnossapidon tarpeet tulevat ulkoapäin, eikä suunnittelijalla itsellään ole tietoa tai taitoa ottaa kunnossapidon tarpeita huomioon suunnittelussa. Haastateltavan mukaan kehitys pitäisi mennä siihen suuntaan, että suunnittelijat ottavat itse kunnossapidon tarpeet huomioon suunnittelussaan.

Tietomallintamisen asiantuntijat kokivat, että tietomalli on vain yksi tiedonkulun polku, ja tiedonkulkuun vaikuttaa suuresti hankkeen muoto, esimerkiksi allianssihankkeessa tiedon kulkeutuminen kunnossapidolle voi tapahtua paljon helpommin kuin pienessä projektissa. Muita tiedon kulkeutumisen muotoja on muun muassa suunnitteluperusteet ja suunnittelukokoukset.

Raitiotiehankeissa kunnossapidettavaa materiaalia on todella paljon. Esimerkiksi ratasähkö, kaapelireitit, katualueet ja viheralueet sisältävät paljon suunnittelussa huomioitavia asioita. Kunnossapitokaluston vaatima tila on myös huomioitava asia. Haastateltavat kokivat, että perinteiset asiat, kuten aurausvaatimukset ja siivousvaatimukset ovat helppo sisäistää ja sitä kautta huomioida suunnittelussa, mutta

jos mennään laajempiin asioihin, niin suunnittelijan on vaikea itsessään sisäistään kaikki kunnossapidon vaatimukset suunnittelussaan. Tämän takia kunnossapidon pitää olla mukana ja heidän kanssaan pitää käydä suunnitteluperusteet läpi sekä hankkeen edetessä kommentoida suunnitelmia. Haastateltavat pitivät hyvänä ideana käydä läpi suunnitelmia kunnossapidon kanssa siihen erikseen laaditulla kokouksella. Myös viikoittaisilla maastokäynneillä on mahdollisuus reflektoida suunnitelmia ja olla yhteydessä rakennettujen rakenteiden paikkaansa pitävyydestä kunnossapidolle.

Haastateltavat kokivat, että kunnossapito ei juurikaan ole ollut heihin yhteydessä tai muuten kyselty suunnitelmatietojen sisällöstä. Kunnossapidosta on oltu yhteydessä ainoastaan tilanteissa, missä kunnossapito on kyselty, mistä jotain tiettyä tietoa voisi mahdollisesti löytyä. Tapauksissa, missä hankemuodosta riippuen kunnossapito ei ole ollut alussa mukana, mutta on tullut jälkikäteen mukaan, on jouduttu alkuvaiheen suunnitelmia käymään läpi jälkikäteen. Haastattelussa selvisi, että itse suunnittelusta kunnossapitoon on oltu yhteydessä sen asian suhteen, millä tavalla kunnossapito haluaa katsella tietoja ja päästä tietoihin käsiksi. On kyselty kunnossapidolta myös aikaisempien hankkeiden tietoja ja onko aikaisemmissa hankkeissa käytetty mallipohjaista aineistoa.

Haastateltavat kokivat, että kunnossapidon huomioiminen suunnittelussa saattaa lisätä suunnittelun resursseja ja kustannuksia. Etenkin tilanteessa, missä kunnossapito haluaakin jotain erityistä malliaineistoa, mitä tietomalliohjeissa tai suunnitteluohjeissa ei ole määritelty. Hankkeessa, missä tilaaja on suunnittelusta kunnossapitoon asti mukana, on helpompi laittaa resursseja suunnitteluvaiheeseen, jotta kunnossapito huomioidaan myös suunnittelussa. Toisin sanoen, projektimallit voivat luoda haasteellisuutta kunnossapidon huomioimisessa. Haastateltavat kokivat, että kunnossapidon huomioiminen saattaa lisätä kustannuksia suunnittelussa esimerkiksi materiaalivalintojen kautta, mutta hankkeen elinkaaren kannalta pitkässä juoksussa, kalliimpi materiaalivalinta saattaa maksaa itsensä takaisin, koska kalliimpi materiaali on halvempi kunnossapidettävä.

Haastateltavat kokivat, että hankkeen tarjouspyyntövaiheessa huomioidaan harvoin kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset. Ainoa maininta kunnossapidosta tarjouspyyntövaiheessa voi olla vain maininta yhdellä lauseella, esimerkiksi ”tuotetaan materiaalit niin, että niitä pystytään hyödyntämään hankkeen koko elinkaaren aikana”. Hankemuodosta riippuu kunnossapidon rooli, esimerkiksi allianssihankkeessa

kunnossapito voidaan ottaa allianssityylisesti omana kokonaisuutena huomioon jo hankkeen tarjouspyyntövaiheessa.

Taulukossa 10 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien kunnossapidon huomioimisen haasteita ja potentiaaleja nykypäivän tietomallipohjaisessa hankkeessa.

Taulukko 10. Tietomallinnus ja kunnossapito nykypäivänä

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kunnossapidon huomioimisen tarpeet tulevat ulkoapäin, eikä suunnittelijalla itsellä ole tarvittavia tietoja kunnossapidon tarpeista ja vaatimuksista.</li> <li>Hankkeen muoto voi vaikuttaa siihen, kuinka kunnossapito voidaan huomioida suunnittelussa.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kunnossapidon tuominen mukaan suunnitteluun on selkeä kehityksen kohde.</li> <li>Kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset esiin jo hankkeen tarjouspyyntövaiheessa.</li> </ul>   |

### 3.2.4 Tietomallinnuksen tiedonkulku nykypäivänä

Haastatteluissa selvisi, että osassa hankkeista tietomalliasiantuntijoilla on ollut käytöstä tietomallipalvelin, eli ajantasainen suunnitelmatieto on suunnittelujärjestelmässä alkuperäisenä natiivitietona. Tämän lisäksi suunnittelujärjestelmistä on otettu ulos tietoa eri formaateissa, kuten DWG-, IFC- ja Inframodel-formaateissa. Nämä tiedot ovat tallennettu hankkeen projektipankkiin. Haastateltavat kokivat, että kunnossapito-organisaatiosta riippuen tiedot ovat toimitettu eri lähteisiin eli tieto on suhteellisen hajautettua, riippuen siitä mikä projekti on kyseessä ja kuka on kunnossapitäjä.

Haastateltavat kokivat, että tiedonkulku toimii suunnitteluvaiheesta rakentamiseen, mutta rakentamisesta kunnossapitoon voi syntyä epävarmuustekijöitä. Rakentajien ja suunnittelijoiden välissä voi toimia rajapintana yhteinen tiedonhallintajärjestelmä. Suunnitelmatiedot viedään tiedonhallintajärjestelmään, mistä rakentajat ja mittaaajat voivat ne hakea. Tällä hetkellä tiedon laatu riippuu paljon rakentajista, sillä rakentamiselta tulee tieto mitä tietoa he haluavat milläkin työmaalla. Joissain hankkeen työmaalla halutaan kaikki tieto kaikista rakennekerroksista ja salaojien kerroksista, kun taas jossain voidaan tarvita vain ylä- ja alapinta eli yhdistelmäpinta. Eri työmaiden eroavat suunnitteluaineiston vaatimukset vaikuttavat myös kunnossapidolle kulkeutuvan tiedon laatuun. Haastateltavat kokivat, että olisi hyvä, jos jo sopimuksissa todettaisiin,



että rakentamisesta pitäisi tuottaa parempaa aineistoa kunnossapidolle, ja kunnossapidon pitäisi olla vaativampi tiedon ja tiedonhallinnan suhteen.

Haastateltavat kokivat, että tällä hetkellä pelkkä tietomallin aineisto ei riitä kunnossapitoa varten. Malliaineiston lisäksi tarvitaan perinteiset suunnitelmakartat, tyyppipoikkileikkaukset ja muut dokumentaatiot esimerkiksi suojatieylityksistä ja kivetyksistä. Kaupunkialueella on paljon huomioitavaa kunnossapidon kannalta, ja kaiken tiedon sisällyttäminen tietomalliin on ainakin toistaiseksi mahdotonta. Haastateltavat ehdottivat, että kunnossapito voisi kertoa suunnittelulle mitä malleja he tarvitsisivat, sillä kyseisten mallien laatimiseen ei välttämättä ole niin kiire kuin rakentamiselle tarvittavien malliaineistojen laatimiseen. Kunnossapidon vaatimat malliaineistot voisi suunnitella myöhemmässä vaiheessa.

Taulukossa 11 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien nykypäivän tietomallinnuksen tiedonkulun haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 11. Tietomallinnuksen tiedonkulku nykypäivänä.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietomallipohjainen aineisto on toimitettu eri lähteisiin, eli tieto on hajautettu.</li> <li>• Tiedon kulku toimii suunnittelusta rakentamiseen, mutta ei niin hyvin rakentamiselta kunnossapitoon.</li> <li>• Tällä hetkellä pelkkä tietomalliaineisto ei kata kaikkea kunnossapidon vaatimaa tietoa.</li> </ul> |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rakentamiselta tulisi saada parempaa aineistoa kunnossapidolle.</li> <li>• Kunnossapito vaativammaksi tiedon ja tiedonhallinnan suhteen.</li> <li>• Kunnossapidon vaatimat aineistot ei niin kiireellisiä laatia.</li> </ul>  |

### 3.2.5 Tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmä

Haastateltavat kokivat, että tietomallipohjaista suunnittelua pitäisi ohjata myös kunnossapidon suuntaan. Esimerkiksi voisiko rakenteiden ominaisuustietoja kirjata suoraan tietomallien metadataan ja miten tämä tieto voisi kulkeutua eteenpäin kunnossapitäjille. Tällaista metadataa voisi olla esimerkiksi rakennekerrospaksuudet, päällysrakenteet, kiskot ja pysäkkimateriaalit. Toisin sanoen materiaalitietoja pitäisi pystyä liittämään suoraan malliaineistoon, eikä pelkästään kirjoitettuna perinteisiin dokumentteihin. Myös pintamateriaalien merkitseminen malleihin olisi hyvä

parannuksen kohde. Tieto kaikista pinnan nousuista ja kiskojen sijainneista ja koroista voisi tuoda varmuutta kunnossapitoon. Tällä tavoin voidaan varmistaa se, ettei avaruus aiheuta ongelmia pintojen kanssa. Rakenteiden sijainnin esittämisellä tietomallissa toisi varmuutta siihen, ettei kaivaessa vahingoita mitään, esimerkiksi vaahtolasikiilat voivat pudota, jos kaivaessa ei ole huomioitu niiden sijaintia.

Haastateltavat kokivat tärkeäksi sen, että pitää pystyä varmistamaan tiedon kulkeutuminen eteenpäin. Haastateltavat ehdottivat tähän haasteeseen suunnittelun aikaista dokumentointia. Toisin sanoen kirjataan se, miksi jokin materiaali on valittu ja miksi jokin suunnitelma on toteutettu, etenkin tapauksissa, missä jokin materiaali on valittu koska sen käyttö on kunnossapidon kannalta kustannustehokkaampaa. Toisaalta pitää pystyä varmistamaan se, että rakennusvaiheen työtehtävissä huomioidaan dokumentaation sisältämät tiedot. Rakennusvaiheessa ei saa mennä vastoin suunnittelun laatimia vaatimuksia, mutta tapauksissa, missä suunnitelmista täytyy poiketa, niin niistä keskustellaan yhdessä suunnittelun ja kunnossapidon kanssa.

Haastateltavat kokivat, että tietomallintamisessa on paljon kunnossapidon kannalta hyödyntämätöntä potentiaalia. Tällä hetkellä toteutus- ja toteumamalleja voidaan hyödyntää esimerkiksi pyöräkuormaajassa siten, että malleista nähdään missä kohtaa menee suunnitelman yläpinta. Yläpintamallin mukaan voidaan myös asfaltoida, jos pintaan on tullut painumia. Sähköradan kunnossapitoa varten on pilotoitu tehtävää, missä raitiotien ajolankaa mitataan GPS:llä tai takymetrillä ja mitatusta aineistosta luodaan malli. Tätä mallia on verrattu suunniteltuun ajolinjan asemaan. Jos tämä pilotointi koetaan hyödylliseksi, niin se otetaan mukaan tietomallipohjaiseen suunnitteluun.

Toisaalta haastateltavat ymmärsivät sen, että kunnossapidon työtehtävien erilaisuuden takia on vaikea sisäistää, mistä ja miten tietomallintamista voisi parantaa kunnossapidon tarpeisiin. Tietomallintamisen hyödyntäminen kunnossapidossa riippuu paljon myös kunnossapidon tietotaidoista ja kalustosta.

Taulukossa 12 on esitettyä haastatteluvastaukset tiivistettynä koskien tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän haasteita ja potentiaaleja.

Taulukko 12. Tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmä.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Haasteet</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kunnossapidon työtehtävien monimuotoisuuden takia tietomallinnusta haastava kehittää kunnossapidon tarpeisiin.</li> </ul>   |
| <b>Potentiaalit</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tietomallipohjaisen suunnittelun ohjaaminen kunnossapidon suuntaan kirjaamalla esimerkiksi rakenteiden ominaisuustietoja suoraan tietomallien metadataan.</li> <li>Suunnittelunaikainen dokumentointi kunnossapidon kannalta olennaisista asioista, jotta ne huomioidaan esim. rakennusvaiheessa.</li> <li>Tietomallinnuksessa paljon kunnossapidon kannalta hyödyntämätöntä potentiaalia.</li> </ul> |

### 3.3 Havainnot esimerkkihankkeista

#### 3.3.1 Kruunusillat

Kruunusillat-hanke toteutetaan hyödyntäen tietomallipohjaista toimintaa. Kruunusillat-hankkeen koon ansiosta kunnossapito on pystytty huomioimaan suunnittelussa. Toisaalta hankkeessa kunnossapidon huomioiminen on tullut ulkoapäin, eli kunnossapidosta on asetettu suunnittelulle kommentteja, mitkä ovat ohjanneet suunnittelua kunnossapidon kannalta oikeaan suuntaan. Kunnossapidon huomioiminen on siis osa suunnittelua, mutta huomioiminen ei ole niin pitkällä, että se tulisi suunnittelun sisältä, vaan huomioimisen paine tulee edelleen ulkoa. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa laaditut malliaineistot eivät riitä sellaisenaan kunnossapidon lähtötiedoiksi, vaan malliaineiston lisäksi täytyy olla perinteiset suunnitelmapiirustukset ja dokumentit. Toisaalta taitorakenteiden kuten siltojen IFC-formaatin sisälle voidaan sisällyttää paljon metainformaatiota. Rata- ja tiekohteissa käytettyjen Inframodel- ja DWG-formaattien sisälle ei voi sisällyttää samoilla tavoin informaatiota.

Kruunusillat-hankkeessa on käyty keskusteluja, missä muodossa ja miten kunnossapito haluaa katsella tietoja ja päästä käsiksi tietoihin.

#### 3.3.2 Raide-Jokeri

Raide-Jokeri-hanke toteutetaan myös tietomallipohjaisesti. Hankkeella on käytössä yhteinen suunnittelujärjestelmä Novapoint ja yhteinen Quadri -tietomallipalvelin. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki hankkeen osapuolet näkevät toistensa suunnitelmat suoraan

suunnittelujärjestelmässä alkuperäisenä natiivitietona. Suunnittelujärjestelmistä saadaan otettua ulos esimerkiksi kunnossapidolle tietoja muun muassa DWG-, Inframodel tai IFC-formaatissa.

Myös Raide-Jokeri on sen kokoinen hanke, että tiedon kulkeutuminen kunnossapidolle ei ole ongelma. Toisaalta, tieto saattaa joltain osin heikentyä, tullessaan rakentamiselta ulos kunnossapidolle. Samoin kuin Kruunusillat-hankkeessa, myös Raide-Jokerissa kunnossapidon huomioimisen paine suunnittelussa tulee vielä ulkoapäin. Tällä hetkellä tietomalliaineisto ei sisällä kunnossapidon kannalta kaikkea olennaista tietoa. Toisin sanoen toteumamallit eivät riitä kunnossapidon lähtötiedoiksi, vaan työtehtäviä varten tarvitaan vielä perinteisiä suunnitelmatietoja ja dokumentaatiota. Toisaalta, joidenkin yksinkertaisten kunnossapidon työtehtävien lähtötiedoksi riittää tietomalliaineiston sisältämä informaatio, esimerkiksi kunnossapidon roska-astioiden tyhjentämistä varten tietomalliaineistosta voidaan nähdä roska-astioiden sijainti, joka riittää kyseisen työtehtävän lähtötiedoksi.

Raide-Jokeri-hankkeessa tilaaja on hankkeen koko elinkaaren matkalla suunnittelusta kunnossapitoon asti mukana, joten kunnossapidon huomioiminen suunnittelussa ei tuota haasteellisuutta.

### **3.3.3 Tampereen raitiotie**

Tampereen raitiotiehanke kunnossapito ei ole ollut hankkeen alusta asti mukana. Tampereen raitiotieallianssi otti kunnossapitoallianssin mukaan hankkeeseen vasta ensimmäisen osan suunnittelun alkamisen jälkeen, joten kunnossapidon huomioiminen ja osallistuminen suunnitteluun tapahtui ensimmäisessä osassa jälkikäteen. Ennen kunnossapidon mukaan ottamista vastuu kunnossapitoasioiden huomioimisesta on ollut kaupungin rakennuttajalla. Kunnossapitoallianssin ansiosta suunnittelulla on ollut selkeä puheyhteys kunnossapitoon. Tampereen raitiotieallianssissa ollaan kunnossapidon kanssa tekemisissä allianssin Big Room -kokouksissa, joissa kunnossapidon asiantuntijat ovat päässeet kommentoimaan suunnitelmia ja esittämään käyttö- ja kunnossapitovaiheen vaatimuksia. Tampereen raitiotiehanke 2 osassa on tehty siten, että suunnitelmien valmistuttua ne lähetetään kunnossapidolle tarkastettavaksi, ja hetken perehtymisen jälkeen suunnitelmia käydään läpi kokouksessa yhdessä suunnittelijoiden kanssa. Sitten kun suunnitelmat on hyväksytty kunnossapidolla, voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen.

Sen jälkeen, kun Tampereen raitiotiehankkeeseen otettiin kunnossapitoallianssi mukaan, niin tiedon kulkeutuminen on tapahtunut ongelmitta hankkeen elinkaaren kannalta suunnittelusta käyttöön ja kunnossapitoon. Tietomallien hyödyntäminen on vain yksi tiedon kulkeutumisen väline, tiedonhallintajärjestelmän, kokouksien ja perinteisten tiedon jakamiskeinojen ohella.

Tampereen raitiotiehankkeessa on laadittu suunnitteluperusteet, joissa on otettu huomioon kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset. Hankkeen suunnitelmia laaditaan suunnitteluperusteiden mukaan. Kyseiset suunnitteluperusteet on käyty läpi kunnossapitäjän kanssa hankkeen alkuvaiheessa.

Tampereen raitiotiehankkeessa raitiotiereitti on jaettu eri pääsuunnittelijaosuuksiin ja pääsuunnittelijat vastaavat katu- ja raitiotiesuunnittelusta sekä eri tekniikkalajien yhteensovituksista kyseisillä osuuksilla. Eri raitiotiereitin osuudet voivat eri tavalla hyödyntää tietomalliaineistoa työmaallaan. Joillain työmailla ei vaadita niin tarkkoja tietomalliaineistoja kuin toisilla, joten suunnittelukaan ei välttämättä ole niin tarkkaa kuin toisella työmaalla.

Kunnossapidon ja tietomallintamisen kannalta, Tampereen raitiotieallianssin inframallin rakennekerroksissa ei mainita murskekokoa. Kyseinen informaatio on lisätty kunnossapitoa varten muihin dokumentteihin. Myöskään kunnossapidon kannalta olennaista tietoa muun muassa reunakivien korkeudesta ja linjauksesta ei mainita tietomalliaineistossa, sekä nurmikon leikkaukseen ja nurmiradan kokoon liittyvä informaatio ei löydy tietomalleista. Nämä informaatiot ovat mahdollisesti lisättävissä tulevaisuudessa tietomalliaineistoon ohjelmistojen ja formaattien kehittyessä, mutta tällä hetkellä Tampereen raitiotiehankkeessa tieto löytyy muista dokumenteista.

Tampereen raitiotieallianssissa on otettu kunnossapidon kanssa pilottityylisiä testejä, missä on yläpintamallien perusteella ohjattu aurausta tai muuta kunnossapidon toimintaa.

Tampereen raitiotieallianssin projektipankkina on käytössä Google Drive. Projektipankkiin viedään kaikki hankkeen dokumentit ja suunnitelmat suunnittelusta. Rakentaja pääsee helposti Google Driveen tarkastelemaan tiedostoja ja projektipankki on avoin kaikille allianssin osapuolille.

Tampereen raitiotien kunnossapitoallianssilla on käytössä Infrakit tiedonhallintajärjestelmä. Infrakit-järjestelmässä näkyy toteumatietoa ja ohjelmalla voi tehdä poikkileikkauksia ja pituusleikkauksia aineistolle.

### 3.4 Teknologiaselvityksen tulokset

Teknologiamahdollisuuksien selvityksessä ohjelmistoasiantuntijat painottivat, kuinka tiedon siiloutuminen ja tiedonkulun pysähtyminen johonkin tiettyyn hankkeen vaiheeseen on huonoksi hankkeen pitkäaikaiselle tiedonhallinnalle. Kunnossapitotehtävien lähtötietoja on hankala kerätä, jos kaikki tieto ei ole saatavilla. Toisaalta ohjelmistoasiantuntijat kokivat, että vaikka kaikki tieto olisi hallussa, niin tietojen tulisi olla helposti saatavissa, selattavissa ja jäljitettävissä. Kunnossapitoprosessia ei helpota, jos jotain tiettyä tietoa etsiessä täytyy hakea koko tiedonhallintajärjestelmä läpi, ja kuluttaa siihen ylimääräisiä resursseja. Ohjelmistoasiantuntijoiden mielestä ensimmäinen askel tiedonhallinnassa on tiedon kirjaaminen ja tallentaminen siten, että on selvillä, kuinka kyseistä tietoa voi jälkikäteen hakea ja mistä.

Ohjelmistoasiantuntijat kokivat, että silloin kun tiedonhallinta toimii ja on selkeästi tiedossa mistä mitäkin tietoa löytyy, niin tiedon tulisi avustaa ja ohjata kunnossapidon työtehtäviä. Ohjelmistoasiantuntijoiden mielestä kunnossapidon tiedonhallinnan pitäisi tukea proaktiivista kunnossapitoa. Ennakoivalla kunnossapidolla vältetään ongelman syntymisen jälkeistä korjausta. Toisaalta, kunnossapidon asiantuntijat tiedostivat sen, että vaikka tiedonhallinnan avulla kunnossapitoa ohjataan proaktiiviseen kunnossapitoon, niin silti ei saa laiminlyödä kunnossapidettävien laitteiden ja kohteiden määräaikaista huoltoa ja kunnossapitoja.

Keskusteluissa ohjelmistoasiantuntijat kokivat, että kunnossapidolle laadittu tietomalliaineisto tai kunnossapidon käyttämät tietomalliohjelmistot pitävät lähtökohtaisesti olla sellaisia, että niitä voi lähestyä ja käyttää, vaikka ei olisi paljon kokemusta tietomallipohjaisesta aineistosta tai ohjelmistoista. Esimerkiksi tietomalliohjelmistojen käyttöliittymä pitää olla sellainen, että sitä on helppo tulkita.

Ohjelmistoasiantuntijoiden mukaan kunnossapidon tiedonhallinnan perusteet lähtevät siitä, että kaikki kohteet ja rakenteet tulisi nimetä ja niille tulisi antaa yksilölliset tunnistetiedot (uniikki ID) jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Yksilölliset tunnistetiedot

seuraisivat kohteita hankkeen elinkaarella suunnittelusta rakentamiseen, ja rakentamisesta käyttöön ja kunnossapitovaiheeseen. Yksilöllisistä tunnistetiedoista on mahdollista tunnistaa selkeästi mikä kohde kyseessä, mikä on kohteen sijainti ja mitä kyseinen kohde tekee. Yksilöllisten tunnistetietojen avulla kunnossapidosta voidaan selkeästi ja nopeasti selvittää kunnossapidettava kohde, ja sillä tavoin ylimääräiseen tiedon seulomiseen ei kulu aikaa tai resursseja. Ohjelmistoasiantuntijoiden mukaan kohteen nimeämisen perusteella kohteelle voidaan kirjata yksilöllistä informaatiota, taustatietoa ja rekisteritietoa. Jos taustatietoa tai rekisteritietoa ei voi suoraan lisätä järjestelmään, niin tulisi ainakin lisätä linkki paikkaan, mistä löytyy kyseiset tiedot löytyvät. Nämä tiedot voi olla muun muassa laajemmat kuvaukset kohteesta, valokuvia tai muita dokumentteja. Ohjelmistoasiantuntijat kokivat, että tietomalliaineistoon pitäisi saada kirjattua kohteiden yksilölliset tunnistetiedot ja kohderekisterit. Tällä tavoin kunnossapidosta voitaisiin hyötyä tietomallitoiminnasta. Ohjelmistoasiantuntijat kokivat myös, että pelkkä 3D-mallidata ei välttämättä riitä kunnossapidolle, vaan eri kohteiden ja rakenteiden tulisi saada hierarkiatyylisesti jaettua osiin, joilla kaikilla olisi omat yksilölliset tunnistetiedot ja rekisteritiedot. Kohdeajattelulla, kohderekisterillä ja nimeämisillä sekä yksilöllisillä tunnistetiedoilla olisi tarkoitus kattaa kunnossapidon tiedonhallintaa jopa vuosikymmeniksi eteenpäin, sillä hankkeen kunnossapitoelinkaari voi kestää jopa 100 vuotta.

Ohjelmistoasiantuntijat kokivat myös, että yhteinen tiedonhallintajärjestelmä varmistaa sen, että tietoa ei häviä eri järjestelmien välillä liikkuesssa, vaan kaikki tieto keskittyy yhteen järjestelmään. Tarkoitus olisi, että tiedon määrä kasvaisi hankkeen edetessä tasaisesti ja kunnossapitovaiheen alkaessa kaikki tarvittava tieto olisi hallussa.

Ohjelmistoasiantuntijat kokivat, että sähköinen huoltokirjatoiminta on tärkeä tekijä kunnossapidon toiminnan ohjaamisen, kirjaamisen, seuraamisen ja tiedonhallinnan kannalta. Sähköinen huoltokirjatoiminta alkaa jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, kun suunnittelija lisää yhteiseen tiedonhallintajärjestelmään kaikki laaditut suunnitelmat ja aineistot, jotka sisältävät kaikkien laitteiden, kohteiden ja rakenteiden yksilöidyt tunnistetiedot ja nimeämiset. Suunnittelijalla on myös vastuulla lisätä kaikkien laitteiden, kohteiden ja rakenteiden rekisteritietoihin kunnossapidon kannalta oleelliset tiedot. Nämä tiedot ovat muun muassa: tekniset tuotetiedot, käyttöikä, milloin ja miten huolletaan sekä huoltosuunnitelmat tai huoltokirjat. Kunnossapitovaiheessa kunnossapitäjän on helppo selvittää näiden tietojen avulla mitä pitää tehdä ja missä. Työtehtävien jälkeen töiden

suorite kirjataan sähköiseen huoltokirjaan tiedonhallintajärjestelmässä. Näiden kaikkien tietojen ja toimien perusteella kunnossapitotehtävien ohjaaminen ja seuraaminen yksinkertaistuvat.

Ohjelmistoasiantuntijat kokivat, että aikataulutus isossa raitiotiehankkeessa voi olla haastava tekijä. Suuressa hankkeessa rakentaminen voi alkaa kauan ennen kuin kohteen käyttö- ja kunnossapitovaihe alkaa, joten joidenkin kohteiden takuuajat saattavat ummeta ennen kuin niiden kunnossapito on edes alkanut. Näissä tapauksissa tilaajan pitäisi hyväksyttää kunnossapidon toiminta jo niiltä osin, kun rakennelmia valmistuu, etteivät takuuajat umpeudu.

Ohjelmistoasiantuntijat kommentoivat, että samalla tavoin kuin suunnitelmätietojen revisiohistoria tulisi olla saatavissa, niin suunnitelmien hyväksymishistoria on tärkeä. Hyväksymishistoriasta näkisi kuka on hyväksynyt suunnitelmat ja milloin sekä kuka on hylännyt ja mistä syystä. Revisiohistorialla ja hyväksymishistorialla saadaan tiedon jäljitettävyyttä selvitettyä paremmin, ja suunnitelmien ajantasaisuus pysyy hallinnassa. Ilman revisiohistoriaa tai hyväksymishistoriaa voi rakennetun kohteen todentamisessa tulla ongelmia, jos rakennusvaiheessa alkuperäisistä suunnitelmista on päätetty poiketa, mutta poikkeavuuksista ei ole mainintaa tai niistä ei ole kirjattu mihinkään. Toisin sanoen revisiohistoria ja hyväksymishistoria ovat tärkeitä osia hankkeen laadunvarmistuksen kannalta.



## 4 PÄÄTELMÄT

### 4.1 Haastattelututkimuksen tulosten arviointi

Haastattelututkimuksen tuloksia arvioidaan teemoittain. Koska kunnossapidon ja tietomallintamisen asiantuntijoiden haastatteluissa oli yhteneväisiä teemoja, niin tutkimuksen tuloksia on koottu yhteisesti kyseisten teemojen alle.

#### 4.1.1 Kunnossapidon tiedonhallinta nyt ja tulevaisuudessa

Haastattelututkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, kuinka tiedonhallinnalla on tärkeä rooli kunnossapidon työtehtävien toteuttamisessa. Ilman toimivaa tiedonhallintaa ei kunnossapitäjä pysty toteuttamaan työtehtäviään tilaajan vaatimuksien mukaisesti. Haastattelijoiden mukaan tiedot ovat tällä hetkellä pirstaloituneena useaan paikkaan, ja kokonaisuudessaan tiedonhallinta on hajautunutta eri järjestelmien ja tiedonhallintatapojen takia. Nykypäivän kunnossapidon tiedonhallinnassa vallitsee perinteisen tiedonhallinnan toimintamenetelmät, eli tiedonhallintaa toteutetaan perinteisten sähköpostien, verkkolevyjen tai muiden yksinkertaisten tiedon jakamismenetelmien avulla. Tiedonhallinnan pirstaloitumisen ja hajautuneisuuden ehkäisemiseksi hankkeen tiedonhallinta pitäisi siirtyä enemmän sähköiseen tiedonhallintamenetelmään, missä tiedon säilömiseen käytetään yhteistä tiedonhallintajärjestelmää. Haastattelututkimuksen tulosten perusteella joissain hankkeissa tähän menetelmään onkin siirrytty. Tilaajalla on mahdollisuus vaikuttaa hankkeen tiedonhallintaan vaatimalla tiedonhallintajärjestelmän hyödyntämistä hankkeen koko elinkaaren ajalla. Yhteisessä tiedonhallintajärjestelmässä tulisi säilyttää kaikki hankkeen suunnitelma-aineistot ja tiedot.

Liikenneviraston tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeiden mukaan tietomallipohjaisessa väylien suunnitteluhankkeessa hankkeen alussa laadittavassa tietomallisuunnitelmassa tulisi määritellä aineistojen tallennus ja jakaminen. Tietomallisuunnitelman avulla tulisi määrittää myös se, että tallennettavista tiedoista säilytettäisiin revisiohistoria, sillä revisiohistoria on kunnossapidon kannalta olennaista tietoa. Liikenneviraston (2017, s 15) mukaan suurissa hankkeissa tilaaja voi laatia tietomallisuunnitelman, joten tilaajalla on mahdollisuus havainnollistaa kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset tietomallipohjaiselle

suunnittelulle jo hankkeen alkuvaiheessa. Tietomallisuunnitelma tulisi siis laatia yhteistyössä tilaajan, suunnittelijan ja kunnossapidon kanssa.

Haastattelututkimuksen tulosten perusteella kunnossapidon tiedonhallinnan tavoitteisiin päästään, kun lisätään tilaajan roolia hankkeen tiedonhallinnan vaatimuksissa. Tilaaja voi panostaa resursseja palveluntuottajien dokumentaation valvomiseen. Valvomisen avulla voidaan varmistaa myös se, että luodut aineistot ovat laatutasoltaan vaatimuksien mukaisia. Esimerkiksi tapauksissa, missä laaditut aineistot ovat olleet muodossa, missä niitä ei ole voitu hyödyntää kunnossapidossa.

Haastattelututkimuksen tuloksissa selvisi, että joistain kunnossapidon työtehtävistä ei ylläpidetä tietoa niin paljon kuin toisista. Kaikista kunnossapidon työtehtävistä tulisi kirjata ja säilyttää dataa, sillä ylläpitävänkin kunnossapidon suoritettiedoilla voidaan ohjata tai ainakin selvittää paremmin kunnossapidon työtehtävistä syntyviä elinkaarikustannuksia. Työtehtävien kirjaamisella voidaan välttyä myös tuplatöiden tekemiseltä ja työn yleinen jäljitettävyyks paranee. Toisaalta, jos kaikki suoritetieto säilytetään, niin tietojen kirjaaminen pitäisi tapahtua yhteen järjestelmään. Tiedon hajauttaminen useaan kohteeseen ei paranna hankkeen yhteistä tiedonhallintaa. Tähän voi auttaa se, että hankkeelle on laadittu käyttöön yhteinen tiedonhallintajärjestelmä, johon tehtyjen töiden ja muiden suoritettietojen aineistot voi tallentaa. Tilanteessa missä tietoja ei voi tallentaa järjestelmään, niin järjestelmään kirjataan maininta, mistä kyseiseen tietoon pääsee käsiksi.

Haastattelututkimuksen tulosten perusteella joissain tapauksissa kunnossapidon on täytynyt itse mitata lähtötietoja työtehtäviään varten, koska saadut suunnitelmatiedot eivät ole olleet tarpeeksi tarkkoja. Suunnitelmatietoihin voisi saada lisättyä kunnossapidon kannalta olennaista tietoa jo suunnitteluvaiheessa, jos kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset tuotaisiin esiin jo hankkeen alkuvaiheessa.

Haastattelututkimuksen tulosten perusteella kunnossapitotyötehtävien tulisi olla enemmän ennakoivia eli proaktiivisia. Parempi tiedonhallinta johtaa kattavampaan tiedon määrään, josta voidaan laatia kunnossapidolle lähtötietoaineistoa. Kattavalla tiedon määrällä ja lähtötietoaineistolla työtehtäviä voidaan ohjata sinne, missä se olisi kunnossapidon kannalta tarkoituksenmukaisinta. Esimerkiksi pysäkkien ylläpitävien työtehtävien suoritettietojen perusteella osataan arvioida, että jotkin tietyt pysäkit

tarvitsevat enemmän kunnossapitoa kuin toiset. Suoritetietojen perusteella toisen pysäkin kunnossapitoa vähennetään ja enemmän kunnossapitoa tarvitsevan lisätään.

Tietomallipohjaisessa kunnossapidossa tietomallien antamaa pohjatietoa tulisi täydentää rakenteiden ja kohteiden kuntomittauksilla sekä jo tehtyjen kunnossapitotöiden toteumatiedoilla. Saadun tiedon perusteella kunnossapitotyötehtäviä voisi kohdistaa helpommin ja kunnossapidon kustannuksia säästyy, koska työtehtävät ovat ajantasaisen tiedon perusteella ennakoivia työtehtäviä.

#### **4.1.2 Tiedon kulkeutuminen**

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella tiedon kulkeutuminen toimii suunnittelusta rakentamiselle, mutta rakentamiselta kunnossapitoon voi syntyä epävarmuustekijöitä. Haastateltavat kertoivat, kuinka tieto voi olla köyhtynyttä eli sisällöltään vähäisempää, kun tieto lähtee rakentamiselta kunnossapidolle. Rakennetun kohteen toteumamalli on siis tietojen puolesta heikompi kuin toteutusmalli. Ongelman ratkaisemiseksi tilaaja voisi vaatia rakentajia toimittamaan toteumamallit sisällön puolesta yhtä kattavina kuin rakentajien saadut toteutusmallit, tai tilaaja voisi vaatia rakentajia sisällyttämään toteuma-aineistossa kunnossapidon kannalta olennaiset tiedot. Näin kunnossapidon kannalta olennainen tieto ei katoa rakennusvaiheen aikana, vaan kulkeutuu käyttö- ja kunnossapitovaiheeseen asti.

Haastattelututkimuksessa selvisi, että tiedon kulkeutuminen toimii paremmin isommissa hankkeissa kuin pienemmissä. Kunnossapidon kannalta tiedon hallinta ja kulkeutumisen pitäisi yhtenäistää siten, että tiedon kulku on taattu niin isoissa kuin pienemmissäkin hankkeissa. Tähän ongelmaan olisi mahdollisuus vaikuttaa, kun tilaaja huomioi tiedon kulkeutumisen tavoitteet jo hankkeen alkuvaiheessa tai tarjouspyyntövaiheessa.

Tiedon siiloutumisen ehkäisemiseksi hankkeen kaikilla osapuolilla tulisi olla mahdollisuus kommunikointiin toistensa kanssa ja hankkeen yhteisen tiedonhallintajärjestelmän toiminta pitäisi olla selkeää hankkeen kaikkien osapuolten kanssa. Vaikka kaikki tieto keskitettäisiin yhteen järjestelmään, on tiedon löytäminen, käsitteleminen ja muokkaaminen onnistuttava helposti ja ongelmitta.

Haastattelun tuloksista selviää, että kunnossapidon ja suunnittelijoiden välisen tiedon kulkeutuminen toimii parhaiten tilanteessa, missä kunnossapito on otettu mukaan

suunnitteluvaiheeseen. Kunnossapito käy läpi, kommentoi ja ohjaa suunnittelua siihen suuntaan, että kunnossapito voi suorittaa työtehtäviään parhaimmalla tavalla. Tällä tavoin saadaan selvitettyä, minkälaista tietoa ja miten kunnossapito haluaa saada tarvittavan tietonsa.

#### **4.1.3 Tietomalliosaaminen nyt ja tulevaisuudessa**

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella tietomallintamisesta on tullut osa suunnittelun arkipäivää. Tietomallintaminen nähdään osana nykypäivän suunnittelua ja tulevaisuudessa tietomallintaminen tulee korvaamaan perinteisiä suunnittelumenetelmiä. Tietomallintamisen tuoma potentiaali ymmärretään ja selkeä polku tulevaisuuden tavoitteisiin takaa vahvasti sen, että tietomallipohjaista suunnittelua tullaan edistämään hankkeiden kaikissa osa-alueissa. Tällä hetkellä tietomallinnuksen ongelmakohdat liittyvät suunnitteluohjelmien käyttämiin ja tuottamiin tiedonsiirtoformaateihin. Usein ongelmana on se, että tietyt tiedonsiirtoformaatit eivät voi sisällyttää tiettyä dataa tai tietyt tiedonsiirtoformaatit ovat yhdistettynä vain tietynlaiseen suunnitteluun. Myös ohjelmistojen luoma toteutusmalli on harvoin sellaisenaan täysin hyödynnettävissä. Parannettavaa olisi siis ohjelmistojen luoman aineiston laadussa ja tietomallintamiseen tarkoitetuissa tiedonsiirtoformaateissa.

Tietomalliaineistoon sisällyttämättömät tiedot annetaan eteenpäin hyödyntäen perinteistä dokumentaatiota. Jos nämä tiedot pystyttäisiin sisällyttämään tietomallipohjaiseen aineistoon, tieto keskittyisi selkeämmin yhteen paikkaan, eikä tietoa tulisi hajautettua useaan kohteeseen. Tietomalliaineistoon voisi lisätä ainakin maininnan mistä löytyy, tai linkin tiedonhallintajärjestelmään, mihin kyseinen tieto on sijoitettu.

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella nykyään tietomalliaineistoa luodaan rakentajien laatimien ehtojen mukaan. Tietomalliaineistosta saataisiin kunnossapidon kannalta oleellisempaa, jos myös kunnossapito otetaan mukaan suunnitteluvaiheeseen. Näin tietomalliaineistoa ei laadita pelkästään rakennukselta saatujen vaatimuksien ja tarpeiden perusteella, vaan suunnittelijalla on myös kunnossapidon mahdolliset vaatimukset tiedossa. Hankkeen tilaajalla on mahdollisuus sisällyttää kunnossapito mukaan suunnitteluun. Tilaajalla pitäisi olla tavoite saada malliaineisto hyödynnettyä hankkeen elinkaaren kannalta loppupäässäkin. Mahdollisesti hyödyntämällä toteumamalliaineistoa kunnossapidossa ja jatkosuunnitelmissa.

Haastattelun vastauksien perusteella olisi tarvetta tietomalliohjeistuksen kehittämiseksi kunnossapidon tarpeiden ja vaatimuksien näkökulmasta. Vastauksien mukaan kunnossapidon huomioita voisi lisätä YIV-ohjeistuksen tapaisesti antamaan tietomallipohjaiselle suunnittelulle havaintoa siitä, kuinka suunnitteluaineisto tulisi laatia, jotta sitä voidaan hyödyntää kunnossapidossa. Esimerkiksi, missä muodossa ja miten kunnossapito voi hyötyä malliaineistosta.

Haastattelututkimuksen vastauksissa mainitaan, kuinka toteutusmalliaineiston tulisi toimia suoraan toteumamallina. Rakennetun kohteen mittaaminen ja mittauksien vertaaminen suunnitelma-aineistoon kuluttaa lisää resursseja ja synnyttää lisää työtä, mutta lisätyö saattaa silti olla vähemmän kuin tilanteessa, missä toteuma-aineisto luodaan alusta asti uusiksi. Mikäli rakennetun kohteen mittaukset ovat tietyn toleranssin sisällä verrattuna suunnitelma-aineistoon, niin toteutusmalliaineisto voisi toimia ainakin lähtökohtaisesti lähtötietona toteumamallille. Etenkin, jos suunnittelija on lisännyt aineistoon kunnossapidolle olennaista tietoa. Tällä tavoin tietoa ei katoa sen siirtyessä hankkeen sisällä vaiheesta toiseen. Toteumamallin mittausaineisto tulisi siis olla muodossa, jota sitä voidaan käsitellä kunnossapidossa tai muissa jatkotoimenpiteissä.

#### **4.1.4 Kunnossapidon huomioiminen tietomallipohjaisessa suunnittelussa**

Haastattelututkimuksen vastauksissa ilmeni, kuinka kunnossapito tullaan huomioimaan paremmin isommissa hankkeissa. Toisaalta isommissakin hankkeissa kunnossapidon huomioiminen suunnittelussa tulee ulkoapäin tällä hetkellä, eikä suunnittelijalla itsellään ole juuri tietoa kunnossapidon vaatimuksista. Tähän ratkaisu voi olla esimerkiksi kunnossapidon kanssa läpikäydyt ja hyväksytyt suunnitteluperusteet. Suunnitteluperusteiden avulla tietomallipohjaisessa suunnittelussa tulee ilmi kunnossapidon vaatimukset ja tarpeet. Esimerkiksi kunnossapitokaluston vaatima tila ja kunnossapidon kannalta toimivat pintamateriaaliratkaisut voisivat olla huomioitavia asioita suunnitteluperusteissa. Ilman suunnitteluperusteita suunnittelijan on vaikea sisäistää kaikki kunnossapidon kannalta olennainen tieto suunnittelussaan. Liikenneviraston (2011, s. 6) mukaan suunnitteluperusteiden avulla pyritään myös siihen, että hankkeeseen osallistuvat tahot ymmärtävät paremmin eri valintoihin sisältyviä vaikutuksia, kuten kustannusvaikutukset ja ympäristö- ja teknisten virheiden aiheuttamat vaikutukset. Suunnitteluperusteisiin voidaan tehdä myös lisäyksiä ja tarkennuksia hankkeen edetessä, suunnitteluvaiheesta toiseen siirryttäessä tai suunnittelun aikana (Liikennevirasto 2011, s. 6).

Vaikka suunnittelussa olisi käytössä kunnossapidon hyväksymät suunnitteluperusteet, niin suunnitelmien läpikäynti kunnossapidon kanssa erillisellä kokouksella on hyvä idea. Tällä tavoin kunnossapito saa selville missä vaiheessa suunnittelu etenee ja suunnittelijat saavat selvitettyä hyvissä ajoin, onko suunnitelmat kunnossapidon kannalta toteuttamiskelpoisia. Myös maastokäynnit auttavat sisäistämään suunnitelmia ja hahmottavat mahdollisen ympäristön vaikutuksia suunnitteluvaihtoehtoihin sekä kunnossapidettäviin alueisiin.

Toisaalta kunnossapidon vaatimukset tulisi ottaa huomioon jo hankkeen tarjouspyyntövaiheessa, sillä kunnossapidon huomioiminen suunnittelussa saattaa lisätä suunnittelun kustannuksia. Suunnitteluvaiheen kustannukset kasvavat, jos kunnossapito vaatii sellaista malliaineistoa mitä ei ohjeistuksissa ole mainittu ja aineiston laatiminen tapahtuu aikana, kun malliaineistoa laaditaan rakentamista varten.

Raitiotiehankkeet ovat muodoltaan suuria hankkeita, joissa tilaaja seuraa hanketta sen koko elinkaaren matkalla alusta loppuun asti. Sen takia tilaajan on helpompi lisätä resursseja kunnossapidon huomioimiseen suunnittelussa jo hankkeen alkuvaiheessa. Kuten haastattelututkimuksen vastauksissa ilmeni, niin suunnitteluvaiheessa kasvaneet kustannukset saattavat maksaa itsensä takaisin kunnossapitovaiheessa, mikäli suunnittelussa kunnossapidon ohjeistuksella määritetyt kohteet ja materiaalit ovat halvempia huoltaa ja kunnossapitää. Ilman kunnossapidon huomioimista kunnossapitovaiheessa voi syntyä ylimääräisiä kustannuksia suunnitelmien tai jo rakennettujen kohteiden muokkaamisesta. Mikäli jo rakennettujen kohteiden muokkaaminen ei ole mahdollista, niin resursseja kuluu siihen, kun kunnossapito joutuu päivittämään kalustoaan tai muokkaamaan toimintatapojaan voidakseen toteuttaa kunnossapitotöitä kohteessa.

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella kunnossapidolle laaditut erilliset malliaineistot eivät ole niin kiireellisiä laatia kuin rakentamiselle laaditut suunnitelma-aineistot. Sen takia hankkeen aikataulutuksessa voisi huomioida sen, kun hankkeen rakentamisen kannalta olennaiset suunnitelmat ovat laadittu, niin suunnittelussa voidaan alkaa kehittää kunnossapidon vaatimia malliaineistoja.

Haastattelututkimuksen vastauksissa mainitaan, kuinka tietomalliaineiston metadataan tulisi kirjata rakenteiden ominaisuustietoja. Tämä on yksi keino, kuinka kunnossapito voisi edistää toimintaansa tietomalliaineistolla. Tiedon kirjaaminen tietomalliaineistoon

riippuu kuitenkin siitä, mitä tiedonsiirtoformaattia tietomallintamisessa käytetään. Tiedot tiedonsiirtoformaateista eivät tue metatietojen kirjaamista yhtä laajasti kuin toiset. Rakenteiden ominaisuustiedot ovat kunnossapidolle yhtä tärkeitä kuin sijaintitiedotkin ja siksi ominaisuustietojen kirjaamista tulisi edistää tietomallipohjaisessa suunnittelussa.

Hyvä keino varmistaa, että kunnossapidon kannalta olennainen tieto säilyy suunnittelussa laadituissa aineistoissa, on esittää kirjattuna se dokumentteihin miksi juuri tietyt rakenteet tai materiaalit ovat valittu suunnitelmiin. Tällä tavoin kunnossapidon vaatimukset huomioidaan rakentamisvaiheessa, jolloin dokumentit toimivat kuin laadunvarmistuksena kunnossapidon kannalta. Tilanteissa, missä rakentamisvaiheessa mennään suunnitelmien vastaisesti, täytyy muokkaukset käydä läpi suunnittelijan ja kunnossapitäjän kanssa.

#### **4.1.5 Elinkaarikustannusten arviointi**

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella proaktiivisella kunnossapidolla pystytään välttämään laiterikosta syntyviä ylimääräisiä kunnossapidon kustannuksia ennakoimalla laiterikkoja. Laiterikot kasvattavat kustannuksia myös tilanteissa, missä esimerkiksi raitiotieliikenne on jouduttu pysäyttämään korjaamisen ajaksi. Kehittyneen tiedonhallinnan avulla kunnossapidettävistä laitteista ja rakenteista voisi ylläpitää enemmän dataa. Tällä tavoin raitiotien laitteille ja rakenteille voisi laatia omat sähköiset huoltokirjat jotka löytyvät hankkeen yhteiseltä tiedonhallintajärjestelmältä. Sähköiset huoltokirjat sisältävät tietoa laitteen tai rakenteen ajantasaisesta kunnosta, huoltamisesta ja teknisistä ohjeista. Sähköisen huoltokirjan avulla kunnossapidon työtehtäviä pystyisi ohjaamaan ja ennakoimaan, ja siten myös kustannuksista saataisiin enemmän tietoa.

Haastattelun vastauksien perusteella tietomallintamisen avulla voisi saada kunnossapidon elinkaarikustannukset selville vuositason. Tietomallipohjaisen datan avulla voisi koota kunnossapidon suoritteet ja sen perusteella pystyttäisiin vertaamaan eri kunnossapitomahdollisuuksia ja menetelmiä jo suunnitteluvaiheessa. Tietomallintamisen ja tiedonhallinnan avulla tarkoituksena on saada optimoitua hankkeen kunnossapidon elinkaarikustannukset.

Vastauksien mukaan tietomallintamisen tuominen kunnossapidon arkeen saattaa lisätä kustannuksia uusien menetelmien omaksumisien kautta. Myös ohjelmistojen ylläpito ja työntekijöiden koulutus voi tuoda lisää kustannuksia. Nämä kustannukset vaikuttavat

hetkellisiltä, kun kunnossapitourakat saattavat hankkeesta riippuen olla vuosia pitkiä. Pitkällä ajalla tietomallien omaksumisen kustannukset maksavat itsensä takaisin optimoidun ja tehokkaan tiedonhallinnan kautta.

Yleinen tiedonhallinnan kehittäminen vähentää niin sanottujen tuplatöiden määrää, joten ylimääräisiä kustannuksia ei synny, kun työtehtäviä tehdään toistamiseen paikkaan, mihin sitä ei enää tarvitsisi tehdä.

#### **4.1.6 Ohjelmistot**

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella kunnossapidossa hyödynnettävät ohjelmistot ovat joko perinteisiä Office-linjan ohjelmistoja, tai tiedonhallintaan keskittyviä ohjelmistoja. Kunnossapidossa hyödynnettävät ohjelmistot ovat käytössä kunnossapidon oman toiminnan kirjaamiseen sisäisesti ja kunnossapidettävien kohteiden paikkatiedon ilmaisemiseen. Toisin sanoen kyseessä on työtehtäviä ohjaavaa aineistoa sisältävä ohjelmisto. Kunnossapidossa hyödynnetään myös ohjelmistoja tai tiedonhallintajärjestelmää tehdyn työn kirjaamiseen, mikä jaetaan hankkeen muiden osapuolien kanssa. Tällä tavoin esimerkiksi tilaaja voi seurata kunnossapidon toimintaa hankkeen yhteisen tiedonhallintajärjestelmän tai muun ohjelmiston kautta. Kunnossapidossa hyödynnettävien ohjelmistojen tavoitteena tulisi olla ajantasaisen tiedon luominen kunnossapidon työtehtävien toteutumisesta. Tämä ajantasainen tieto tulisi olla hankkeen tilaajan ja muiden osapuolien saatavissa. Tieto siitä mitä ollaan tehty ja mitä seuraavaksi aiotaan tehdä tehostaa kunnossapidon toimintaa.

Rakennetun kohteen toteumatiedot kulkeutuvat kunnossapidolle siihen määritetyn tiedonhallintajärjestelmän kautta. Hankkeen yhteiseksi määritetyn tiedonhallintajärjestelmän ohjeistukset tulisi olla selvillä hankkeen kaikilla osapuolilla. Tällä tavoin vältetään turhalta tiedon katoamiselta, jos luodut aineistot eivät ole suoraan vietävissä tiedonhallintajärjestelmään.

Nykyään tiedonhallintaohjelmistot tukevat tiedon lisäämistä esimerkiksi mobiililaitteiden ja ajoneuvoihin lisättyjen mittauslaitteiden avulla. Raitiotien radan ja sen ympäristön kunnon kirjaaminen nopeasti yhteiseen tiedonhallintajärjestelmään lisää kunnossapidon tehokkuutta kohdistamalla työ sinne missä se on tarpeen.



## 4.2 Esimerkkitapausten havaintojen arviointi ja päätelmät

Kaikissa esimerkkihankkeissa tietomallipohjainen suunnittelu oli esillä. Kaikissa hankkeissa kunnossapito oli otettu huomioon suunnittelun aikana. Kruunusillat hankkeessa sekä Raide-Jokeri hankkeessa kunnossapidon kommentit ovat ohjanneet suunnittelua ja suunnitteluratkaisuja. Molemmissa hankkeissa tietomallipohjainen aineisto ei riittänyt kunnossapidon lähtötiedoiksi. Tietomallipohjaiset toteumamallit vaativat perinteiset suunnitelmapiirustukset ja dokumentit kunnossapidon työtehtävien lähtötiedoiksi.

Tampereen raitiotieallianssihankkeessa on kunnossapidossa otettu huomioon hankkeen alusta asti, ainakin hankkeen 2 osan osalta. Ensimmäisen osan suunnitteluvaiheessa kunnossapitoa ei oltu otettu mukaan, joten joitain suunnitelma-aineistoja jouduttiin muokkaamaan kunnossapidon kommenttien mukaisesti jälkikäteen. Tampereen raitiotiehankeessa kunnossapito on kommentoinut ja käynyt läpi suunnittelun laatimat aineistot ja suunnittelussa on edetty vasta kun kunnossapidosta on hyväksytty aineistot.

Tampereen raitiotieallianssissa on myös tehty suunnitteluperusteet, mitkä ovat ohjanneet suunnittelua kunnossapidon kannalta oikeaan suuntaan. Toisaalta koska Tampereen raitiotieallianssin rakennusvaihe on jaettu osiin eri rakennuskohteiden kesken, niin rakennusvaihetta varten laaditut aineistot eivät ole yhtenäisiä. Tämä aiheuttaa sen, että kunnossapidon saamat aineistot voivat vaihdella riippuen rakennuskohteesta. Tampereen raitiotiehankeessa on käytössä Allianssin osapuolten yhteinen tiedonhallintajärjestelmä, jonne tallennetaan kaikki suunnitelma-aineisto ja muu dokumentointi. Hankkeen kunnossapitoallianssin tiedonhallintajärjestelmä toimii kunnossapitoa ohjaavana ohjelmistona.

Tampereen raitiotieallianssihanke on selkeä ja hyvä esimerkkitapaus siitä, kuinka kunnossapito tulisi ottaa huomioon raitiotien tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja kuinka kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset ohjaavat suunnittelun toimintaa. Hankkeessa hyödynnetään tietomallipohjaista toteutusmalliaineistoa rakennuskohteiden lähtötietona koneohjausta varten.

### 4.3 Teknologiaselvityksen mahdollistamat uudet menetelmät

Teknologiaselvityksen vastauksien perusteella kunnossapidon tiedonhallinta lähtee siitä, että kaikki kunnossapidettävät kohteet ja laitteet ovat nimetty yksilöiduin tunnistetiedoin ja kaikkien laitteiden ja kohteiden tiedot on kirjattu yhteiseen tiedonhallintajärjestelmään. Kunnossapitotehtävät helpottuvat, kun heti voidaan tarkistaa, mistä kohteesta on kyse, missä kyseinen kohde sijaitsee ja mitä se tekee. Ylimääräiseen tiedon seulontaan ei kulu aikaa. Yksilöityjen tunnistetietojen taakse kirjattujen tietojen perusteella saadaan selville laajempi kuvaus kohteesta, sekä kuinka kyseistä asiaa huolletaan tai kunnossapidetään. Teknologiaselvityksen vastauksien perusteella kohteiden yksilölliset tunnistetiedot ja taustarekisteritiedot voisi olla liitettävissä tietomalliaineistoon. Tällä tavoin kunnossapidosta voitaisiin suoraan hyötyä tietomallintamisesta.

Teknologiaselvityksen vastauksien mukaan tiedon jäljitettävyys, saatavuus ja hallinta ovat ratkaisuja tiedonhallinnan parantamiseksi. Se, että kaikki tieto on kerätty yhteen järjestelmään, on vain puolet kokonaisuudesta. Tietojen läpikäymiseen ei pitäisi kulua ylimääräisiä resursseja, ja siksi tietojen luettelointi yksilöllisten tunnistetietojen avulla helpottaa yleistä tiedon etsintää. Selkeä tiedonhallinta edistää proaktiivista kunnossapitoa teknologiaselvityksen vastauksien mukaan. Toisaalta laitteilla ja kohteilla joilla on selkeät määräaikaisten huollot toimivat vastaan proaktiivista kunnossapitomenetelmää. Huolto pitää tehdä, vaikka kohde tai laite ei sitä tarvitsisi kuntonsa puolesta.

Teknologiaselvityksen vastaukset puoltavat sitä, että kunnossapidolle laaditut tietomalliaineistot pitävät olla lähtökohtaisesti lähestyttäviä ja helposti ymmärrettäviä. Tällä tavoin tietomalleihin perehdyttämisen kustannukset pienenisivät, jos tietomalliaineiston käsittelyyn ei vaadita ylimääräistä koulutusta tai perehdytystä.

Teknologiaselvityksen vastauksien perusteella kunnossapidon hyödyntämät sähköiset huoltokirjat tulisi laatia suunnittelun aikana. Samaan aikaan kun suunnittelusta laaditaan suunnitelma-aineistoa yhteiseen tiedonhallintajärjestelmään, niin suunnittelija lisää kaikkien laitteiden ja kohteiden yksilölliset tunnistetiedot sekä tuotetiedot, huoltotiedot, huoltosuunnitelmat ja muut dokumentit suunnitelma-aineistoihin. Kunnossapidon on selkeä ohjata työtään, kun sähköisen huoltokirja kautta saa kaikki tarvittavat tiedot huoltotöiden suorittamiseen. Tehtyjen töiden kirjaaminen järjestelmään parantaa myös kunnossapidon työn seuraamista ja uusien töiden ohjaamista. Teknologiaselvityksen

vastauksien perusteella raitiotiehankkeessa suunnittelijalla on iso vastuu sisällyttää kaikki kunnossapidon kannalta olennainen tieto järjestelmiin. Suunnittelija tietää laitteiden ja kohteiden käyttöä sekä tuotetietojen perusteella, milloin huolletaan ja miten. Tämän tiedon jakamisen vastuu on myös suunnittelijalla. Tilaaja voi ohjeistaa suunnittelijan ottamaan kunnossapidon vaatimukset ja tarpeet huomioon suunnittelussa, mutta lopulta suunnittelijan pitää lisätä kyseiset tiedot suunnitelma-aineistossa eteenpäin tiedonhallintajärjestelmään.

Teknologiaselvityksessä ilmeni, kuinka suunnitelma-aineistojen hyväksymishistorian avulla saadaan tiedon jäljitettävyyttä ja yleistä tiedonhallintaa parannettua. Kunnossapidon kannalta on olennaista päästä käsiksi vanhoihin revisioihin suunnitelmista ja nähdä minkälaiset rakenteet ja kohteet ovat olleet, ennen kuin niihin on päätetty tehdä muokkauksia. Hyväksymishistorian avulla kunnossapitäjä voi myös saada selville kuka on hyväksynyt, ja sitä kautta selvittää lisätietoja hyväksyjältä. Yleisesti tietojen läpinäkyvyys sekä tiedonhallinnan laadunvarmistus paranevat, kun saaduista tiedoista säilytetään revisio ja hyväksymishistoriat.

Teknologiaselvityksen vastauksien perusteella aikataulutus voi kunnossapidon kannalta tuottaa ongelmia. Isoissa hankkeissa kohteiden ja laitteiden takuuajat saattavat umpeutua ennen kuin käyttö- ja kunnossapitovaihe ehtii alkaa. Tilaajalla voisi olla mahdollisuus sisällyttää kunnossapidon toimintaa niillä rakennetuilla osa-alueilla, millä se on jo mahdollista.

#### **4.4 Raitioteiden tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmän hyödyntäminen**


Toimintamallin ratkaisut ja päätelmät ovat kerätty ja esitetty hankkeen tiettyjen roolien näkökulmasta. Tarkoituksena on havainnollistaa millä keinoilla tietyt roolit raitiotiehankkeessa voivat hyödyntää tietomallipohjaista kunnossapitomenetelmää. Tietomallipohjaisen kunnossapitomenetelmän toimintamalli on esitetty kappaleessa 2.2.

Tilaajaorganisaation kannalta toimintamallin mukainen toiminta alkaa tarjouspyyntövaiheessa. Tilaajan tulee lisätä raitiotien suunnittelun ja toteutuksen tarjouspyynnön sisältöön kunnossapidon hankekohtaiset tarpeet ja vaatimukset. Tarjouspyynnössä tilaajan esittämät tavoitteet kunnossapidon kannalta tarkoittavat esimerkiksi sitä, että tuotetut suunnitelma-aineistot ja materiaalit täytyy laatia siten, että

niitä voidaan hyödyntää hankkeen elinkaaren loppupuolella kunnossapitovaiheessa. Tarjouspyynnön hankekohtaisissa tavoitteissa voidaan esittää myös kunnossapidon integrointi suunnitteluvaiheessa ja suunnitelma-aineistojen hyväksyttäminen kunnossapidon kanssa. Tarjouspyyntövaiheen jälkeen hankkeen käynnistyttyä laaditaan tietomallisuunnitelma. Toimintamallin mukaan tilaajan tulee sisällyttää kunnossapidon tietomallipohjaiset tarpeet ja vaatimukset tietomallisuunnitelmassa. Kunnossapidon hankemuodosta riippuen tilaaja voi laatia tietomallisuunnitelman yhdessä suunnittelukonsulttiyrityksen ja kunnossapidon edustajien kanssa, tai tilaaja voi pyytää kunnossapidon edustajia kommentoimaan ja ehdottamaan lisäyksiä laadittuun tietomallisuunnitelmaan. Tarkoituksena on, että tietomallisuunnitelman esittämät vaatimukset raitiotiehankkeen tietomallipohjaiselle toiminnalle on laadittu siten, että kaikki kunnossapidon mahdolliset tietomallipohjaiseen toimintaan liittyvät vaatimukset ja tarpeet ovat esitetty tietomallisuunnitelmassa.

Ennen suunnitteluvaiheen alkamista raitiotiehankkeessa tilaaja laatii suunnitteluperusteet. Suunnitteluperusteet ohjaavat raitiotiehankkeen suunnittelua ja esittävät tekniset ja toiminnalliset vaatimukset suunnitelmille sekä kuvaavat eri suunnitteluvalintojen vaikutukset ja perusteet. Suunnitteluperusteita voidaan täydentää suunnittelun edetessä lisäämällä perusteisiin tarkennuksia tai muita lisäyksiä. Tilaajan tulee sisällyttää suunnitteluperusteissa kunnossapidon suunnitteluratkaisuja koskevat vaatimukset ja tarpeet. Suunnitteluperusteet hyväksytetään kunnossapidon kanssa ennen hankkeen suunnitteluvaiheen alkamista. Tietomallipohjainen kunnossapitomenetelmä edellyttää yhteisen tiedonhallintajärjestelmän hyödyntämistä koko hankkeen elinkaaren ajalla. Tilaajan tulee hyödyntää yhteistä tiedonhallintajärjestelmää ja edellyttää muilta hankkeen osapuolilta sen käyttöä yhteisenä tiedon säilömisen ja jakamisen alustana. Yhteisen tiedonhallintajärjestelmän hyödyntämisen vaatimukset voidaan esittää esimerkiksi hankkeen tietomallisuunnitelmassa tai tarjouspyynnössä. Tilaajan tulee sisällyttää kunnossapito mukaan suunnitteluvaiheeseen. Tämä tapahtuu esimerkiksi järjestämällä kokouksia, missä kunnossapidon edustajat käyvät läpi suunnittelun laatimia suunnitelmia. Kunnossapidon kommenttien perusteella muokataan suunnitelmia ja suunnittelu etenee vasta kun kunnossapito on hyväksynyt suunnitelmat. Tilaajan tulee myös vaatia rakentamiselta suunnitelma-aineistojen vaatimuksien noudattamista sekä sitä, että tieto ei köyhyä siirtyessään eteenpäin rakentamiselta kunnossapitoon.

Taulukko 13. Toimintamallin tehtävät tilaajan näkökulmasta.


| <i>Tilaaja</i>  |   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjouspyynnön sisältöön kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset.</li> <li>• Tietomallisuunnitelman laatiminen yhdessä kunnossapidon edustajien ja suunnittelukonsulttiyrityksen kanssa.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vähintään kunnossapidon kommentit tietomallisuunnitelmasta, jotta saadaan kunnossapidon tarpeet esiin.</li> </ul> </li> <li>• Suunnitteluperusteiden laatiminen ja hyväksyttäminen kunnossapidon kanssa.</li> <li>• Hankkeen kaikkien osapuolien yhteisen tiedonhallintajärjestelmän laatiminen ja käytön vaatiminen.</li> <li>• Kunnossapidon sisällyttäminen suunnitteluvaiheeseen.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kunnossapidon ja suunnittelun yhteisten kokousten ja välietappien järjestely.</li> </ul> </li> </ul> |

Kuten tilaajan tehtävissä mainittiin, niin tietomallisuunnitelma tehdään yhdessä tilaajan ja suunnittelukonsulttiyrityksen kanssa. Suunnittelijan tulee huomioida kunnossapito tietomallisuunnitelman ehdoissa, tilaajan vaatimusten mukaan. Toimintamallin mukaan tilaaja laatii suunnittelua ohjaavat suunnitteluperusteet. Suunnittelijan tulee noudattaa suunnitteluperusteita suunnittelussaan ja mahdollisesti ehdottaa tarkennuksia suunnitteluperusteisiin suunnittelun edetessä. Suunnittelijan tulee myös laatia kokouksia yhdessä kunnossapidon kanssa tilaajan vaatimusten mukaisesti. Kokouksissa suunnittelijan tulee esitellä ajantasaiset suunnitelmat ja vastaanottaa kunnossapidolta kommentteja suunnitelmiin liittyen. Suunnittelijan tulee esitellä suunnitelmat siten, että kunnossapidon edustajat ymmärtävät kaikki suunnitelma-aineistojen esittämät asiat ja tekniset ehdotukset.

Toimintamalli vaatii yhteisen tiedonhallintajärjestelmän hyödyntämistä, joten suunnittelijoiden on selvitettävä missä muodossa ja miten kunnossapito haluaa päästä käsiksi suunnitelma-aineistoihin. Kunnossapidon sisällyttäminen suunnitteluvaiheeseen edistää tietoisuutta kunnossapidon työtehtävistä, joten suunnitteluvaiheessa voisi saada kunnossapidon työtehtävistä syntyvät kustannukset selville jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Tällä tavoin voidaan jo suunnitteluvaiheessa tarkastella eri kunnossapitomenetelmiä ja arvioida niiden elinkaarikustannuksia. Kunnossapidon esittämät vaatimukset tai ehdotukset voivat olla vastoin perinteisiä suunnitteluratkaisuja, esimerkiksi materiaalivalintojen perusteella. Siksi suunnittelijoiden on kannattavaa laatia dokumentteja, joissa perustellaan tietyt kunnossapidon ehdottamat suunnitelmaratkaisut,


jotta ne otetaan varmasti huomioon suunnitelmien rakentamisvaiheessa. Toimintamallin mukaan suunnittelijoiden tulee myös säilyttää suunnitteluaineiston revisiohistoria ja hyväksymishistoria. Revisiohistorian ja hyväksymishistorian säilyttämisen avulla varmistetaan, että mitään tietoa ei häviä suunnitelmien päivittämisen jälkeen, ja jos kunnossapidosta halutaan olla yhteydessä suunnitelmien vastuuhenkilöihin, niin hyväksymishistoriasta nähdään ketkä ovat hyväksyneet suunnitelmat. Toimintamallissa ehdotetaan yksilöityjen tunnistetietojen ja sähköisen huoltokirjan hyödyntämistä. Suunnittelijoiden tulisi lisätä suunnitteluvaiheessa suunnitelmien laitteille, kohteille ja rakenteille omat yksilölliset tunnistetiedot. Toisin sanoen laitteiden, kohteiden ja rakenteiden nimeäminen edistää tiedonhallintaa, ja kunnossapitovaiheessa on helppo etsiä tietoa, kun heti tiedetään mistä laitteesta tai kohteesta on kyse. Yksilöidyt tunnistetiedot tulisi lisätä suoraan suunnitelma-aineistoihin, tai muihin dokumentteihin ja asiakirjoihin, jotka löytyvät yhteisestä tiedonhallintajärjestelmästä. Yksilölliset tunnistetiedot mahdollistavat sähköisen huoltokirjan käyttämisen. Sähköisen huoltokirjan avulla saadaan kunnossapidon tarvitsemat tiedot esitettyä sähköisesti yhteisessä tiedonhallintajärjestelmässä. Tällä tavoin tieto on nopeasti saatavissa ja kunnossapidon töiden ennakointi helpottuu. Suunnittelijan tulee laatia sähköinen huoltokirja, eli suunnittelijan tulee lisätä kunnossapidon kannalta oleelliset tuotetiedot, ajantasaiset rekisteritiedot ja huolto-ohjeet raitiotien laitteista, rakenteista ja kohteista yhteiseen tiedonhallintajärjestelmään. Kunnossapidon tarvitsemat aineistot, mitkä eivät palvele rakentamisvaihetta, eivät ole niin kiireellisiä laatia. Pelkästään kunnossapidon kannalta oleelliset aineistot voidaan laatia vasta rakennussuunnitelmien laatimisen jälkeen.

Taulukko 14. Toimintamallin tehtävät suunnittelijan näkökulmasta.

| <i>Suunnittelija</i>  |  |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietomallisuunnitelman laatiminen.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kunnossapidon huomioiminen tilaajan vaatimuksien mukaan.</li> </ul> </li> <li>• Suunnitteluperusteiden hyväksyttäminen kunnossapidon kanssa.</li> <li>• Suunnitteluvaiheessa kokouksien pitäminen kunnossapidon kanssa.             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suunnitelmien esittäminen kunnossapidolle.</li> <li>○ Suunnitelmien muokkaaminen kunnossapidon kommenttien perusteella.</li> </ul> </li> <li>• Suunnitelmien revisiohistorian ja hyväksymishistorian säilyttäminen.</li> <li>• Yksilöllisten tunnistetietojen ja sähköisen huoltokirjan laatiminen.</li> <li>• Dokumentoida kunnossapidon vaatimuksien mukaan valittuja suunnitteluratkaisuja, jotta ne huomioidaan rakennusvaiheessa.</li> <li>• Pelkästään kunnossapidolle laadittu aineisto ei niin kiireellistä laatia.</li> </ul> |

Toimintamallin mukaan rakentajan tulee noudattaa suunnitelma-aineiston esittämiä toteutusvalintoja. Mikäli rakennusvaiheessa päätetään poiketa suunnitelmista, niin uudet suunnitelmat tulee laatia yhdessä suunnittelun ja kunnossapidon kanssa, jotta kunnossapitovaiheessa ei synny ongelmia kunnossapitotyötehtävien kanssa. Rakennusvaiheessa tuotettu toteumamalliaineisto tulisi olla sisällöltään yhtä rikas kuin toteutusta varten laaditut suunnitelma-aineistot. Tiedon kulku ei saa pysähtyä rakentamisvaiheeseen, joten rakentajien täytyy varmistaa tiedon kulkeutuminen eteenpäin kunnossapidolle.

Taulukko 15. Toimintamallin tehtävät rakentajan näkökulmasta.

| <i>Rakentaja</i>  |  |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noudattaa laadittuja suunnitelmia. <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Jos poiketaan suunnitelmista, niin käydään yhdessä kunnossapidon ja suunnittelijan kanssa läpi muutokset.</li> </ul> </li> <li>• Varmistaa, että toteuma-aineisto on tietosisällöltään yhtä rikasta kuin toteutusaineisto. <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Tieto ei saa köyhtyä siirtyessään eteenpäin rakentamiselta.</li> </ul> </li> <li>• Varmistaa tiedon kulkeutumisen eteenpäin kunnossapidolle.</li> </ul> |


Kuten tilaajan ja suunnittelun toiminnassa kuvataan, niin kunnossapidon tulisi osallistua tietomallisuunnitelman tekoon, mikäli se hankemuodosta riippuen on mahdollista. Kunnossapidon tulee ainakin kommentoida ja tuoda tilaajan tietoisuuteen omat tietomallipohjaiseen toimintaan liittyvät vaatimukset ja tarpeet, jotta ne voidaan lisätä tietomallisuunnitelmaan. Ennen suunnitteluvaihetta laaditut suunnitteluperusteet tulee olla hyväksytty kunnossapidon kanssa. Kunnossapito voi ehdottaa lisäyksiä suunnitteluperusteisiin. Tarkoituksena on, että suunnittelu voidaan aloittaa vasta, kun suunnitteluperusteet ovat hyväksytty kunnossapidon kanssa. Kunnossapidon tehtävänä on osallistua kokouksiin suunnittelijoiden kanssa ja kommentoida laadittuja suunnitelmia. Suunnittelu etenee, kun kunnossapito on hyväksynyt suunnitelmat.

Toimintamalli edellyttää, että kunnossapito hyödyntää hankkeen yhteistä tiedonhallintajärjestelmää työtehtäviensä tiedon käsittelyssä ja säilömisessä. Kunnossapidon on helppo kerätä lähtötietoja kunnossapitotyötehtäviä varten yhteisestä tiedonhallintajärjestelmästä. Yhteisellä tiedonhallintajärjestelmällä parannetaan kunnossapidon tiedonhallintaa. Tarkoituksena on siirtyä pois perinteisten fyysisten kartta-aineistojen ja dokumenttien käytöstä enemmän sähköisen aineiston

hyödyntämiseen. Tällä tavoin vältetään tietohukalta ja tieto on helpommin saatavissa. Tiedonhallintajärjestelmä mahdollistaa myös sähköisen huoltokirjatoiminnan. Sähköisen huoltokirjan avulla kunnossapidon on helppo ja selkeä päästä käsiksi kunnossapidettävien laitteiden ja kohteiden tuotetietoihin ja huolto-ohjeisiin, ja sillä tavoin ohjata kunnossapitotehtäviänsä nopeammin. Kun kunnossapidon työtehtäviä voidaan kohdistaa ja ajoittaa paremmin, voidaan kunnossapidon toimintaa kehittää enemmän proaktiiviseen eli ennakoivaan suuntaan. Proaktiivisen kunnossapidon avulla työtehtävien kustannuksia voidaan arvioida paremmin. Toisaalta kunnossapito ei saa laiminlyödä raitiotiehankkeen kohteiden ja laitteiden säännöllisiä huoltoaikoja, vaikka proaktiivisen kunnossapidon mukaan laitteen huollolle ei olisi tarvetta.

Yhteinen tiedonhallintajärjestelmä ja sähköisen huoltokirjan hyödyntäminen edellyttävät kunnossapidon ylläpitämään ajankohtaista aineistoa kunnossapidettävistä kohteista ja laitteista. Tiedonhallintajärjestelmään tulee tallentaa ja ylläpitää tieto ajantasaisesta kunnossapidon toteutumisesta ja erillismittauksin mitatusta raitiotieverkon ja sen ympäristön kunnosta. Ajantasainen tieto kertoo myös tilaajalle kunnossapidon työn laadun ja toimii tilaajalle laadunvarmistuksena.

Taulukko 16. Toimintamallin tehtävät kunnossapidon näkökulmasta.

| <i>Kunnossapito</i>   |  |
|---|--|
|  | • Esittää oman tietomallipohjaisen toiminnan vaatimukset ja tarpeet tietomallisuunnitelmaan, tai sen laatijoille.  |
|   | • Hyväksyä suunnitteluperusteet.   |
|   | • Osallistua kokouksiin suunnitteluvaiheessa. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kommentoida laadittuja suunnitelmia ja esittää mielipiteitä.</li> <li>○ Hyväksyä suunnitelmat.</li> </ul>   |
|   | • Hyödyntää yhteistä tiedonhallintajärjestelmää kunnossapitotöiden tiedonhallinnan ja tiedon jakamisen kannalta.   |
|   | • Hyödyntää sähköistä huoltokirjaa kunnossapidon toimenpiteiden suunnittelussa ja ajoittamisessa. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kunnossapidosta enemmän proaktiivista.</li> </ul>   |
|   | • Kirjata ajantasaista tietoa kunnossapidon toteutumisesta. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Täyttää sähköistä huoltokirjaa tehdyn työn osalta.</li> <li>○ Ajantasainen tieto toimii myös laadunvarmistuksena tilaajalle.</li> </ul> |



## 4.5 Jatkotutkimus- ja kehitysehdotukset

Diplomityössä kehitettyä raitioteiden tietomallipohjaista kunnossapitomenetelmää tulisi kokeilla käytännössä. Diplomityössä kehitettyä toimintamallia voisi pilotoida Vantaan ratikka -hankkeessa. Kehitetty toimintamalli koostuu useasta osavaiheesta, joita voi yksittäisesti testata, mikäli toimintamallia ei kokonaisuudessaan ole mahdollista kokeilla, tai tietyn toimintamallin osan testaaminen nähdään tarpeettomana.

Työn tulosten perusteella tietomallipohjaista aineistoa ei juurikaan hyödynnetä kunnossapidossa. Selkeä kehitysehdotus olisi lisätä kunnossapidon tietoa siitä, mihin kaikkeen tietomallipohjaista aineistoa voitaisiin hyödyntää. Kunnossapidon kanssa voisi järjestää pilottityylisiä testejä, joissa selvitetään, kuinka kunnossapito voisi hyötyä mallipohjaisesta aineistosta. Aihepiiri on laaja, mutta pilottitestiä voisi rajata esimerkiksi siihen, saadaanko rakentamisvaiheessa tuotettu toteumamalli sisältämään kunnossapidon kannalta olennaisen malliaineiston. Pilottitesti edellyttää myös sen, että kunnossapidossa hyödynnetään toteumamalliaineiston formaattia tukevia järjestelmiä, tai toteumamalliaineisto tuotetaan formaatissa, missä sitä voidaan hyödyntää kunnossapidon järjestelmillä. BuildingSMART onkin edistämässä tie- ja ratakohteiden kunnossapidon tiedonsiirtoformaatin IFC Road sekä IFC Rail kehitystä (BuildingSMART Finland 2020).

Haastattelututkimuksen vastauksien perusteella kunnossapidon työntekijöillä on halukkuutta uusien menetelmien hyödyntämiseen, mutta vaadittavia resursseja uusien toimintatapojen kartoittamiseen ei löydy. Osittain ongelmana on se, että kunnossapitotyön tilaajat vaativat usein tuotettavat tiedot perinteisin keinoin, joten uuteen menetelmään siirtyminen ei mahdollisesti poista vanhaa menetelmää. Kehitysehdotuksena olisi lisätä tilaajien tietoisuutta uusien menetelmien osalta, jotta kunnossapitohankkeen määrittelyissä tilaaja osaisi vaatia uusien menetelmien hyödyntämistä.

BuildingSMART Finlandin Yleiset inframallivaatimukset eivät sisällä kunnossapidolle laadittavan malliaineiston vaatimuksia ja ohjeita, joten kehitysehdotuksena olisi sisällyttää YIV-ohjeistuksiin tarkat määritykset malliaineiston sisällöstä sekä muodostusprosessille asetettavat vaatimukset. YIV-ohjeistuksen lisäys edellyttää tarkkaa selvitystä kunnossapidon tarvitseman malliaineiston tiedon sisällöstä sekä siitä kuinka aikaisemmin tuotettu tieto voidaan sisäistää malliaineistoon. YIV-ohjeistuksen lisäyksen

avulla voisi mahdollisesti kehittää kunnossapitomalli -ajatusta, eli mallipohjaista aineistoa sisältävä tietomalli, mikä on laadittu kunnossapidon hyödynnettäväksi.

Teknologiamahdollisuuksien menetelmien selvittämisen tuloksien perusteella jatkotutkimusta kaivattaisiin siinä, kuinka rakenteiden ja kohteiden yksilölliset tunnistetiedot ja rekisteritiedot voisi lisätä suoraan tietomalliaineistoon. Tällä hetkellä tunnistetietoja ja niiden perusteella löydettävää rekisteritietoa voidaan säilöä siihen soveltuvalla tiedonhallintajärjestelmällä, kuten esimerkiksi Assetpoint Oy:n tarjoamissa tiedonhallintaratkaisuihin ja tiedonhallintapalveluihin.

## LÄHDELUETTELO

Airaksinen, S., Mirea, J., Jounila, R. & Laaksonen, J., 2014. Raide-Jokerin raideleveyselvitys [verkkodokumentti]. Helsinki: raide-Jokeri julkaisut, 40 s. Saatavissa: <https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2015/05/Raideleveyselvitys.pdf> [viitattu 11.9.2020].

Assetpoint Oy, 2020. Hallitse rakennettua maailmaa [verkkodokumentti]. Espoo: Assetpoint Oy. Saatavissa: <https://assetpoint.fi/yritys/> [viitattu 7.12.2020].

BibLus, 2019. BIM around the world: Scandinavia boasts a consolidated practice in the construction industry [verkkodokumentti]. Bagnoli Irpino: ACCA Software S.p.A. Saatavissa: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-around-the-world-scandinavia-boasts-a-consolidated-practice-in-the-construction-industry/> [viitattu 25.11.2020].

BibLus, 2020. IFC format and Open BIM, all you need to know [verkkodokumentti]. Bagnoli Irpino: ACCA Software S.p.A. Saatavissa: <https://biblus.accasoftware.com/en/ifc-format-and-open-bim-all-you-need-to-know/> [viitattu 12.11.2020].

BIMinfra, 2020. A collaboration on the digital transformation in the construction industry 2018-2022 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://biminfra.dk/> [viitattu 29.9.2020].

BIM Alliance Sweden, 2020. BIM Alliance, Om oss [verkkodokumentti]. Tukholma: BIM Alliance Sweden. Saatavissa: <https://www.bimalliance.se/om-oss/> [viitattu 28.8.2020].

BIM Corner, 2019. BIM objects in infrastructure... Let's start from the beginning [verkkodokumentti]. Oslo: BIM Corner. Saatavissa: <https://bimcorner.com/bim-object-in-infrastructure/> [viitattu 25.11.2020].

BIM Corner, 2020a. Everything worth knowing about the IFC format [verkkodokumentti]. Oslo: BIM Corner. Saatavissa: <https://bimcorner.com/everything-worth-knowing-about-the-ifc-format/> [viitattu 23.11.2020].

BIM Corner, 2020b. 9 reasons why Norway is THE BEST in BIM! [verkkodokumentti]. Oslo: BIM Corner. Saatavissa: <https://bimcorner.com/9-reasons-why-norway-is-the-best-in-bim/> [viitattu 24.11.2020].

BuildingSMART Finland, 2019a. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1 [verkkodokumentti]. Helsinki, 147 s. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019\\_1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf) [viitattu 26.8.2020].

BuildingSMART Finland, 2019b. Inframodel4-käyttöohje [verkkodokumentti]. Helsinki, 16 s. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF\\_Infra\\_Inframodel4\\_kayttoohje\\_01042019.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF_Infra_Inframodel4_kayttoohje_01042019.pdf) [viitattu 27.8.2020].

BuildingSMART Finland, 2019c. InfraBIM-nimikkeistö v.1.71 [verkkodokumentti]. Helsinki, 52 s. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM\\_nimikkeist%C3%B6\\_v1\\_71.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf) [viitattu 27.8.2020].

BuildingSMART Finland, 2020. IFC Road -käsitmallin kommentointityöpaja [verkkodokumentti]. Helsinki: BuildingSMART Finland. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/kalenteri/ifc-road-kasitemallin-kommentointityopaja/> [viitattu 13.11.2020].

BuildingSMART International, 2018. Industry Foundation Classes Version 4.1.0.0 [verkkodokumentti]. Cambridge: BuildingSMART International. Saatavissa: [https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4\\_1/FINAL/HTML/](https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/) [viitattu 12.11.2020].

BuildingSMART International, 2020. IFC Infrastructure Deployments [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/standards/calls-for-participation/ifcroad/> [viitattu 12.11.2020].

Civilpoint Oy, 2020. Raitiotieallianssi: tietomalli palvelee suunnittelu, rakentamista ja tulevaisuutta [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://civilpoint.fi/asiakastarinat/raitiotieallianssi-tietomalli-palvelee-suunnittelua-rakentamista-ja-tulevaisuutta/> [viitattu 1.9.2020].

Ekholm, A., 2016. A critical analysis of international standards for construction classification – results from the development of a new Swedish construction classification system, Proc. of the 33<sup>rd</sup> CIB W78 Conference 2016, Oct. 31<sup>st</sup> – Nov. 2<sup>nd</sup> 2016, Brisbane, Australia. Lund: Lund university, 11 s.

European Commission, 2020. Building Information Management with the Swedish Transport Administration [verkkodokumentti]. Belgia, Bryssel: ISA<sup>2</sup> – Interoperability solutions for public administrations, businesses and citizens. Saatavissa: [https://ec.europa.eu/isa2/building-information-management-swedish-transport-administration\\_en](https://ec.europa.eu/isa2/building-information-management-swedish-transport-administration_en) [viitattu 25.11.2020].

Fürstenberg, D. & Lædre, O., 2019. Application of BIM Design Manuals: A Case Study. 27<sup>th</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC) sivut 145-156. Dublin, Irlanti: The International Group for Lean Construction, 12 s.

Haukka, A., Jokinen, E. & Yrjölä, S., 2016. Tampereen raitiotien toteutussuunnitelma – Suunnitelmaselostus osalle 1: Hervanta-keskusta-Tays [verkkodokumentti]. Tampere: Kaupunkiympäristön kehittäminen julkaisuja 7/2016, 80 s. Saatavissa: [https://www.tampere.fi/tiedostot/t/xOxdPt2ot/Raitiotieallianssi\\_toteutussuunnitelma\\_os\\_a1\\_20160905.pdf](https://www.tampere.fi/tiedostot/t/xOxdPt2ot/Raitiotieallianssi_toteutussuunnitelma_os_a1_20160905.pdf) [viitattu 1.9.2020].

Hirsjärvi, S. & Hurme, H., 2009. Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press, 213 s. ISBN 978-952-495-073-2.

HKL, 2018. Raitioteiden suunnitteluohje [verkkodokumentti]. Helsinki: HKL, 50 s. Saatavissa: [http://www.e-julkaisu.fi/hkl/raitioteiden\\_suunnitteluohje/pdf/Raitioteiden\\_suunnitteluohje\\_HKL.PDF](http://www.e-julkaisu.fi/hkl/raitioteiden_suunnitteluohje/pdf/Raitioteiden_suunnitteluohje_HKL.PDF) [viitattu 29.9.2020].

Jackson, P., 2019. Nordic study of classification systems for infrastructure & transportation [verkkodokumentti]. Iso-Britannia: BuildingSMART, 70 s. Saatavissa: <https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/08/Nordic-Study-of-Classification-Systems-for-Infrastructure-Transportation-v1.0-1.pdf> [viitattu 28.8.2020].

Karlsson, I. T. & Rönndahl, C., 2018. A study of national BIM guidelines from around the world determining what future Swedish national BIM guidelines ought to contain. Jönköping: Jönköping university, School of Engineering, 58 s. Saatavissa: <https://bimalliance.se/library/4352/isak-karlsson-christoffer-roenndahl.pdf> [viitattu 28.8.2020].

Kemppainen, L. & Niskanen, J., 2015. Tietomallintamisen suunnittelu ja dokumentointi käytännössä [verkkodokumentti]. Helsinki: BuildingSMART Finland. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/Jari\\_Niskanen.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/Jari_Niskanen.pdf) [viitattu 22.1.2021].

Koski-Lammi, L., 2018. Big Room on allianssin toiminnan sydän [verkkodokumentti]. Helsinki: Raide-Jokerin julkaisut. Saatavissa: <https://raidejokeri.info/big-room-on-allianssin-toiminnan-sydän/> [viitattu 1.2.2021].

Kylmä, A., 2015. Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa [verkkodokumentti]. Helsinki: Liikennevirasto, 114 s. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2015-03\\_tietomallien\\_hyodyntaminen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf) [viitattu 28.9.2020].

Liikennevirasto, 2010. Tien suunnittelun kulku [verkkodokumentti]. Helsinki, 20 s. Saatavissa: [https://vayla.fi/documents/20473/34253/tiesuunnittelun+kulku\\_esite.pdf](https://vayla.fi/documents/20473/34253/tiesuunnittelun+kulku_esite.pdf) [viitattu 27.8.2020].

Liikennevirasto, 2011. Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus [verkkodokumentti]. Helsinki, 28 s. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo\\_2011-24\\_vaylahankkeiden\\_suunnitteluperusteiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-24_vaylahankkeiden_suunnitteluperusteiden_web.pdf) [viitattu 25.1.2021].

Liikennevirasto, 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje [verkkodokumentti]. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 12/2017, 76 s. ISBN 978-952-317-325-5 Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf) [viitattu 26.8.2020].

Marttinen, M. & Heikkilä, R., 2015. Built environment process re-engineering PRE, InfraFINBIM, Maintenance BIM [verkkodokumentti]. Helsinki, 36 s. Saatavissa:

[http://infraportaali.s3.amazonaws.com/Tie/Maintenance-BIM-2013-2014/MAINTENANCE-BIM\\_2013-2014\\_tulosraportti\\_150317.pdf](http://infraportaali.s3.amazonaws.com/Tie/Maintenance-BIM-2013-2014/MAINTENANCE-BIM_2013-2014_tulosraportti_150317.pdf) [viitattu 31.8.2020].

Novatron Oy, 2017. Blogi: Tampereen ratikkatyömaa – Enemmän mallia, vähemmän tikkua [verkkodokumentti]. Pirkkala: Novatron Oy. Saatavissa: <https://novatron.fi/koneohjaus-tampereen-ratikkatyomaalla/> [viitattu 23.9.2020].

Puttonen, M., 2019. Tampereen raitiotien kunnossapidon päivystyksen ja varallaolon suunnittelu. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, 28 s.

Raide-Jokeri, 2017. Raide-Jokerin varikot, vaihtoehtojen vertailu [verkkodokumentti]. Helsinki: Raide-Jokerin julkaisut, 47s. Saatavissa: [https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2018/02/RJ\\_000\\_PRJ\\_Selvitys-Varikkoselvitys-ID-6882.pdf](https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2018/02/RJ_000_PRJ_Selvitys-Varikkoselvitys-ID-6882.pdf) [viitattu 25.9.2020].

Raide-Jokeri -allianssihanke, 2020. Kehitysvaiheen arvoa rahalle -raportti [verkkodokumentti]. Helsinki: Raide-Jokeri julkaisut, 83 s. Saatavissa: [https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2020/04/RJ\\_Arvoa-Rahalle.pdf](https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2020/04/RJ_Arvoa-Rahalle.pdf) [viitattu 10.9.2020].

Raitiotieallianssi, 2020a. Tampereen raitiotien kunnossapidosta allianssisopimus [verkkodokumentti]. Tampere: Raitiotieallianssi. Saatavissa: <https://raitiotieallianssi.fi/tiedotteet/tampereen-raiotien-kunnossapidosta-allianssisopimus/> [viitattu 2.9.2020].

Raitiotieallianssi, 2020b. Mikä on allianssimalli? Miksi allianssimalli valittiin toteutusmalliksi Tampereen raitiotielle? [verkkodokumentti]. Tampere: Raitiotieallianssi. Saatavissa: <https://raitiotieallianssi.fi/usein-kysytyt-kysymykset/miksi-allianssimalli-valittiin-toteutusmalliksi-tampereen-raiotielle-mita-se-tarkalleen-ottaen-tarkoittaa/> [viitattu 23.9.2020].

Rajala, P., 2019. Harjan esittely [verkkodokumentti]. Helsinki: Väylä, 22 s. Saatavissa: <http://finnishtransportagency.github.io/harja/> [viitattu 31.8.2020].

Ruuskanen, J., 2019. Maanteiden kunnossapidon digitalisoituminen. Hämeenlinna: Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu, 45 s.

Sekse, M., 2014. BIM in infrastructure for public clients in Norway [verkkodokumentti]. Norway: COWI, 29 s. Saatavissa: <https://www.yumpu.com/en/document/read/42908408/9-marius-sekse-bim-in-infrastructure-for-public-clients-in-norway> [viitattu 28.8.2020].

Statens vegvesen, 2020. Håndbok v770 Modellgrunnlag [verkkodokumentti]. Lillehammer: Statens vegvesen. Saatavissa: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/Modellbaserte+vegprosjekter/handbok-v770-modellgrunnlag> [viitattu 28.8.2020].

Väylä, 2019. Digitalisaatiohanke 2016-2018 [verkkodokumentti]. Helsinki, Väyläviraston julkaisuja 12/2019, 26 s. ISBN 978-952-317-675-1 Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj\\_2019-12\\_digitalisaatiohanke\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-12_digitalisaatiohanke_web.pdf) [viitattu 31.8.2020].

Väylä, 2020. Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velho-järjestelmässä [verkkodokumentti]. Helsinki: Väyläviraston ohjeita 8/2020, 65 s. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo\\_2020-08\\_suunnittelu\\_toteutusprojektien\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2020-08_suunnittelu_toteutusprojektien_web.pdf) [viitattu 31.8.2020].

Yli-Villamo, H. & Petäjäniemi, P., 2013. Allianssimalli [verkkodokumentti]. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS, Rakentajan kalenteri, 10 s. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130202.pdf> [viitattu 11.9.2020].



---

## Haastattelukysymysrunko

Risto Tapanila

Haastattelun ajankohta:  
xx.xx.2020

### Haastateltava:

1. Haastateltavan perustiedot. Nimi, yritys, tehtävä yrityksessä ja rooli tietomallinnuksen näkökulmasta.
2. Tietomallinnus nykypäivänä?
  - a. Miten tietomallinnus nykypäivänä vaikuttaa suunnitteluprosessiin?
  - b. Minkälaista suunnitteluratkaisuihin liittyviä lisätietoja suunnittelun tietomalleihin saa nykyisellään sisällytettyä? Esim. materiaalivalinnat jne.
3. Mikä on tietomallinnuksen tulevaisuuden tavoitetila kohteen elinkaaren hyödyt huomioiden, ja miten päästään siihen?
  - a. Mihin suuntaan kehittäisit?
4. Miten kunnossapito on huomioitu tietomallipohjaisessa suunnittelussa nykypäivänä?
  - a. Kuinka tärkeä osa suunnittelua on kunnossapidon huomioiminen nykypäivänä?
5. Koetko tietäväsi tällä hetkellä tarpeeksi kunnossapidon tarpeita, jotta voisit huomioida ne projekteissasi/työssäsi?
6. Oletko vuorovaikutuksessa kunnossapidon kanssa?
  - a. Onko kunnossapidosta kysytty tietoja, suunnitelmia tai muuta dataa?
  - b. Oletko itse ollut yhteydessä kunnossapitoon?
7. Kuinka suunnittelutiedot tallennetaan hankkeen elinkaaren kannalta?
  - a. Mihin sähköiset suunnittelutiedot tallennetaan?
  - b. Kuinka tiedonhallinnan ketju:  
suunnitteluvaihe->rakentaminen->kunnossapito toimii?

8. Koetko, että tietomallissa saa siirrettyä kaiken tarvittavan suunnitelmätiedon kunnossapitoa varten?
  - a. Toimiiko pelkkä toteumamalli lähtötietona kunnossapitovaiheelle?
9. Tulisiko kunnossapito huomioida paremmin suunnitteluvaiheessa mielestäsi, jos tulisi, niin miten?
  - a. Vähentäisikö huomioiminen hankkeen kustannuksia?
10. Huomioidaanko kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset hankkeen tarjouspyyntövaiheessa tai muuten hankkeen alkuvaiheessa?
11. Kuinka parantaisit tietomallipohjaista suunnittelua, jotta se olisi kunnossapidon kannalta hyödyllisempää?

Jokerit:

- Onko inframallin tietosisältö ollut mielestäsi tarpeeksi kattavaa kunnossapidon kannalta? Toisin sanoen onko kaikki vaadittava kunnossapitovaiheeseen kuuluva tieto inframalleissa?

---

## Haastattelukysymysrunko

Risto Tapanila

Haastattelun ajankohta:

xx.xx.2020

### Haastateltava:

1. Haastateltavan perustiedot. Nimi, yritys, tehtävä yrityksessä ja rooli tietomallinnuksen näkökulmasta.
2. Millaista on kunnossapidon tiedonhallinta tänä päivänä?
  - a. Minkälaista lähtötietoa saatte rakennetusta kohteesta?
  - b. Minkälaista tietoa ylläpidätte kunnossapidetystä kohteesta?
3. Kunnossapidon tiedonhallinnan tulevaisuuden tavoitteet?
  - a. Kuinka päästään tavoitteisiin?
4. Tietomallipohjainen suunnittuhanke ja kunnossapidon huomioiminen siinä nykypäivänä?
  - a. Miten kunnossapidon tarpeet huomioidaan hankkeen suunnitteluvaiheessa?
5. Hyödynnetäänkö kunnossapidossa suunnittelun/rakentamisen tietomalliaineistoa?
  - a. Mitä tietoa kantautuu suunnitteluvaiheesta/rakennusvaiheesta kunnossapidolle?
  - b. Missä muodossa tietojen pitäisi kantautua?
  - c. Onko jotain mikä ei kantaudu?
6. Miten eri ohjelmistojen, esim. Infrakitin hyödyntäminen näkyy kunnossapidossa?
  - a. Mitä parannettavaa olisi kyseisissä ohjelmistoissa kunnossapidon näkökulmasta?
    - i. Onko tiedonhallinta hyvällä tasolla? Parannettavaa?

7. Kunnossapidon isoimmat kustannuserät nykypäivänä?
  - a. Mistä hukasta syntyvät suurimmat kustannuserät?
8. Millä keinoilla kunnossapidon kustannuksia voisi vähentää?
  - a. Voiko tiedonhallinnalla ja tietomallilla vaikuttaa suuriin kustannuseriin?
9. Ollaanko kunnossapidosta yhteydessä suunnittelijoihin usein?
  - a. Mitä tietoja usein kaivataan?
10. Mitkä ongelmat jarruttavat kunnossapitoa?
  - a. Onko ongelmia mitkä voisi poistaa jo suunnittelun alkuvaiheessa?

Jokerit:

- Esim. ratahankkeiden raidegeometrioiden kunnossapitotöiden lähtötiedot? Onko geometriatiedot ja mittaperustat kantautuneet suunnitteluvaiheesta? Olisiko kehitettävää?
- Täsmäkunnossapidossa tehdään pienimuotoisia ja tarkempia kunnossapidollisia toimia hyvin tarkasti kattavien lähtötietojen avulla. Kantautuuko suunnitteluvaiheesta tarpeeksi tarkat lähtötiedot kunnossapidolle?